

## 点検支援技術 性能カタログ (案)

本性能カタログ（案）は、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものをカタログ形式でとりまとめたものです。

令和 2 年 ○ 月

国土交通省

## はじめに

本性能カタログ（案）は、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものをカタログ形式でとりまとめたものである。また、今後の技術開発の進展に応じ、本性能カタログ（案）に掲載した技術は適宜見直しを行う予定である。

定期点検で点検支援技術の活用を検討する場合、本性能カタログ（案）に掲載された技術を参考にすることが考えられるが、本性能カタログ（案）に記載のない技術についても、標準項目の性能値を受注者に求め、目的に適合するかを確認することで活用できるものと考えられる。なお、点検支援技術を活用する場合、損傷写真など大量のデータを管理する必要がある可能性があることから、成果の適切な活用のため、必要に応じてデータベース等を活用するとよい。

## 目 次

第1章 性能カタログの活用にあたっての留意事項	1-1
1. 性能カタログの目的	1-2
2. 性能カタログ標準項目を記載するにあたっての留意事項	1-3
(1) 性能の裏付け	
(2) 諸元・仕様	
(3) 調達・契約にあたってのその他必要な事項	
(4) その他	
3. 点検支援技術に関する相談窓口の設置	1-6
付録1 点検支援技術性能カタログの標準項目	付録 1-1
第2章 性能カタログ	2-1
付録2 技術の性能確認シート	付録 2-1

# 第1章 性能カタログの活用にあたっての留意事項

## 1. 性能カタログの目的

定期点検は、知識と技能を有する者（定期点検を行う者）が状態の把握から診断までを一連で行うものである。そして、定期点検の方法は、近接目視を基本とし、一般に必要な応じて打音・触診等が行われる。また、これによらない状態の把握を行う場合には、「道路橋定期点検要領（平成31年2月 国土交通省道路局）」（以下、要領という）の「4. 状態の把握」に解説されるように状態の把握については、「定期点検を行う者は、健全性の診断の根拠となる道路橋の現在の状態を、近接目視により把握するか、または、自らの近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならない。」こととされている。また、要領 付録1 2（4）状態の把握については、「機器等で得られた結果の利用にあたっては、機器の提供する性能並びに性能の発揮条件などを考慮し、適用条件や対象、精度や再現性の範囲で用いること。なお、機器等が精度や再現性を保証するにあたって、あらゆる状況や活用方法を想定した使用条件を示すには限界があると考えれば、利用目的や条件に応じた性能を現地でキャリブレーションするなども有効と考えられる。」ということ、要領 付録1 2（5）部材の一部等で近接目視によらないときの扱いでは、「定期点検を行う者が、(1)の定期点検の目的を満足するように、かつ、その方法を用いる目的や必要な精度等を踏まえて適切に選ぶものである。」ということが留意事項に記載されている。したがって、その利用や機器等の選択にあたっては、「新技術利用のガイドライン（案）」や「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について」にも記載があるとおおり、自由に、しかし、点検支援機器の誤差特性や原理上の適用限界等を把握したうえで、出荷物としての機器等が保証する性能の範囲で活用すること、また、定期点検を行う者が結果の解釈や利用に責任を持つことになる。

また、実際の定期点検の実施にあたっては、法令の主旨や要領に則り、各道路管理者の責任において適切に行う必要がある。道路管理者の職員が現地で定期点検を実施する場合も、また、委託をする場合でも状態の把握の方法については点検対象構造物毎に合意したうえで点検対象構造物毎の定期点検を進める必要がある。

すなわち、機器等の利用、及び、機器等の選択は自由に行える一方で、道路管理者の職員が現地で定期点検を実施する場合も、また、委託をする場合でも、点検対象構造物毎に、その利用や選択は協議・承諾を経ることになる。そこで、機器等の原理や誤差特性等の表示がある程度共通されることで、その選定や選択が円滑に行われることが期待される。現在のところ、点検支援機器については、それぞれの供給者がそれぞれで機器等としての仕様・能力の表示を行っているが、これを共通化し、市場を整備することが性能カタログの役割である。



## 2. 性能カタログ標準項目を記載するにあたっての留意点

性能カタログでは、機器等の仕様・能力の開発者の保証及びその前提条件（利用条件等）が、類似の目的や原理の機器間で比較可能になることを意図し、項目や記載方法が指定されている。一方で、その記載は開発者の責任で行われる。

まず、その根拠や妥当性も利用者がある程度の考察ができるように、機器等のセンシングの物理・工学的原理、また、開発者が実施した性能の確認試験等の結果の有無、入手の可否が記載される。

次に、機器等の外寸や外的環境に応じた動作条件が記載される。これは現地で利用するとき、持ち込んでから使用に適さないことが判明し、作業に手戻りが生じることなどを極力避けるためである。

最後に、その他調達・契約にあたって、その他必要な事項をまとめて記載する。たとえば機器のみで調達できるのか調査結果のみが渡されるのか、データの改ざん等の防止策が施されているのか、使用にあたって規制等があるのかなどである。

加えて、付録として、公募等を通じて国が準備した共通の供試体や現地で試行を行った結果があれば示される。これは、機器等の開発者側が使用条件や性能を保証する条件の範囲内で行うことが基本とされる。ごく限定的な標本試験であり、これらの試験を以て性能を保証するという性質のものではない。一方で、機器等の能力や誤差特性の特徴について、開発者が検証したデータ以外にもデータが提供されることで、客観性が向上されることを期待しているものである。

以上が標準的な項目である。性能カタログにおける国が定めた標準項目は、法的に国が定めるものではない。しかし、日本産業規格（JIS）や日本農業規格等に関する法律（JAS法）に基づくJAS制度等のように、利用者がその利用の適否を判断するために基本的に必要となる情報で、かつ、利用者が理解しやすいことを念頭において示している。また、性能を確認するための試験方法についても、同条件での供試体試験（標準試験値）を行うことで、原理や調査機器の特徴が把握でき、同じ尺度での比較が可能となるので、今後は共通化に向けた取り組みに発展するときの基礎となることも期待して決めている。

一方で、開発者は、診断への反映のさせ方など定期点検を行う者が参考にできる情報を有していたり、また、表示の分かりやすさなど使い勝手の部分で新たな性能の充実を図ろうとするものもある。また、実際の現地での利用レポートや成果等の情報も、利用者が機器等を選択するうえで重要な情報と考えられる。しかし、これらについては、標準化、共通化するようなものではなく、性能カタログでは対象にしていない。性能カタログで対象としている項目は、使用性や人の定性的判断との相関性など

根拠となる部分が質的な特徴を示すものではなく、機器としての量的・物理的特徴であり、客観性、定量性、再現性の観点で選んでいる。

以下に、各項目別に記載の要点を示す。

### (1) 性能の裏付け

計測には必ず誤差があることから、定期点検を行う者がそれを知ったうえで、結果の解釈を行う必要がある。下図は、変状の深さが変わったときに変状位置の計測誤差がどのように変わるのかを示す散布図の例である。そして、正解・不正解という単純な指標では原理・機器等の特徴が表れないが、このように計測誤差に関係しそうなパラメータの変化と誤差の変化の関係が明らかであれば、誤差が大きくても適用範囲が広いものなど、様々な観点で点検支援技術の選択が可能になると考えられる。

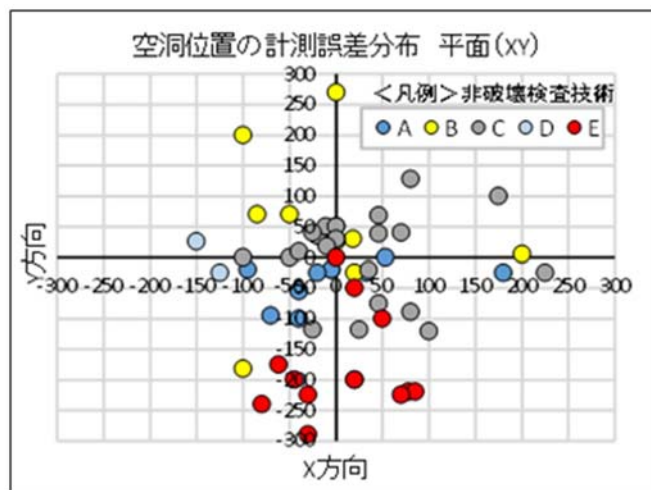


図 試験結果の表示例

性能値は、調査原理と推定できる物理量から分かるように、入力項目（入力する物理量）、測定項目（測定される物理量）、及び測定値から推定できる調査事項（推定する物理量）を記載する。

- 対象技術の原理が成立する条件下で算出した理論値、または、対象技術の原理が成立する条件下で実施した試験値を記載する。
- 状態の把握として、計測結果の活用（何を計測し、導出する技術なのか）までの記載が必須である。この時点では、計測結果の利用例は記載しない。

原理は、入力値から測定値を得るまでの物理的現象のモデル、測定値から算出される導出値を得るまでの物理モデルを記載する。

■入力→計測（測る）→変換（推測する）→出力までのプロセスを記載し、出力方法ではなく、どういう原理で出力（導出値）が導き出されるのかを記載する。

適用条件は、原理的には物理現象の推定が可能であっても、適用性が検証されていない事項など、適用範囲を把握する上で必要と考えられる情報について、なるべく具体的な数値を記載する。

■採否の検討のための条件として、適用範囲を記載するとともに、その適用範囲の発生条件を記載する。

■精度と信頼性に関する留意点として、誤差範囲を記載するとともに、その誤差の発生条件を記載する。

## （2）諸元・仕様

計測機器の寸法は技術によって様々であるため、測定に必要な空間も異なる。また、測定機器の準備・撤去に要する時間は技術によって大きく異なり、作業時間に大きく影響する。

また、キャリブレーションを必要とする技術もあり、結果や作業性能を正しく評価するためにはキャリブレーションの方法も明確にする必要がある。

■諸元として、調査機器そのものの大きさなど、現場条件によって調査機器そのものが適用できるか否かを判断する情報について、具体的に記載する。

■仕様として、調査における事前準備や必要な環境等、現地に持ち込むべき機器や仮設備、電源の必要性等について、具体的に記載する。

## （3）調達・契約にあたってのその他必要な事項

点検支援技術の調達にあたっては、目的とする測定の適用条件を満たす必要があるとともに、開発者の点検支援技術の供給に係る条件についても明らかにする必要がある。

また、作業時間と結果の精度には関係性が見られることから、測定に要する作業時間の把握も必要である。

■計測機器の供給条件に係る情報として、供給形態（例えば購入やリース等）、手配までの時間、作業時間、汎用性など技術の供給条件について、具体的に記載する。

■専門技術者による操作が必要である等の場合は、必要な資格や許認可等について、

具体的に記載する。

- ソフトウェア情報として、汎用性のある市販ソフトなのか自社開発ソフトなのか等について、データ結果閲覧および出力形式を、具体的に記載する。
- セキュリティに係る情報として、データの改ざんなど、計測結果の信頼性に係る対策について、具体的に記載する。

#### (4) その他


出口値とその他の量等との相関関係など、活用にあたって有用な情報があれば、それは本性能カタログではなく開発者が独自に準備する技術資料に記載するとよい。たとえば、地盤調査では、標準貫入試験で得られるN値から土のせん断摩擦角や粘着力を推定する式などが様々提案されている。この例で言えば、それらの様々な提案式をまとめた情報は、出典を明らかにした上でこの性能カタログで活用例としてごく概要を紹介することもできる。しかし、その詳細は、開発者が独自に準備する技術資料に記載することとしている。なお、本性能カタログに掲載する技術については、開発者が技術の取り扱いの詳細を整理した技術資料「技術マニュアル」を作成しているので、必要に応じて開発者に問い合わせ、参考にするとよい。

### 3. 点検支援技術に関する相談窓口の設置

二巡目以降の定期点検では、点検支援技術 性能カタログ（案）に掲載された技術等を活用し、効率的な点検を進めることとしている。

定期点検における点検支援技術の活用方法や性能カタログへの技術掲載、性能カタログ掲載技術の更新等について、【別紙】に開発者からの問合せや相談等を受け付ける窓口を各地方整備局等に設置しているので、活用されたい。

## 開発者から問合せや相談を受け付ける窓口

相談窓口	受付内容	問合せ先
道路局 国道・技術課 技術企画室	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検支援技術の活用に関する事項</li> <li>・カタログへの技術掲載、カタログ掲載技術の更新等に関する事項</li> </ul>	<b>03-5253-8498</b> <a href="mailto:hqt-tenkengijutsu@gxb.ml">hqt-tenkengijutsu@gxb.ml</a> <a href="http://it.go.jp">it.go.jp</a>
 <b>情報を一元化</b>		
北海道開発局 建設部 道路保全対策官	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検支援技術の活用に関する事項</li> <li>・カタログへの技術掲載、カタログ掲載技術の更新等に関する事項</li> </ul>	代表:011-709-2311 内線:5358
東北地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:022-225-2171 内線:4121
関東地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:048-601-3151 内線:4121
北陸地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:025-280-8880 内線:4121
中部地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:052-953-8166 内線:4121
近畿地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:06-6942-1141 内線:4121
中国地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:082-221-9231 内線:4121
四国地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:087-851-8061 内線:4121
九州地方整備局 道路部 道路保全企画官		代表:092-471-6331 内線:4121
沖縄総合事務局 開発建設部 道路保全企画官		代表:098-866-0031 内線:4414

## 付録1 点検支援技術性能カタログ項目

以下の7技術について、カタログの標準項目を示す。

- 画像計測技術（橋梁）
- 画像計測技術（トンネル）
- 非破壊検査技術（橋梁）
- 非破壊検査技術（トンネル）
- 計測・モニタリング技術（橋梁）
- 計測・モニタリング技術（トンネル）
- データ収集・通信技術

# 性能カタログ

## ■画像計測技術（橋梁）

# 画像計測技術(橋梁) (1/10)

## 1. 基本事項

技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載(maito:等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</li> <li>・計測の原理やプロセス</li> <li>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</li> </ul> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する (範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない)          ※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版等)／下部構造(橋脚、橋台等)／支承部／路上／その他(具体名を記載する) ※複数可能 (定期点検要領に記載されている部位名を記載する)	
	変状の種類	腐食／亀裂／ゆるみ・脱落／破断／ひびわれ／床版ひびわれ／変形・欠損／漏水・滞水／支承部の機能障害／その他(具体名を記載する) ※複数可能 (定期点検要領に記載されている変状の名称を記載する)	
	物理原理	静止画／動画	



# 画像計測技術(橋梁) (2/10)

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているのかを記載する。                  具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。</p> <p>(記載例)                  ・本計測機器は6枚羽のドローンである移動装置の上部にセンシングデバイスであるデジタルカメラを専用のアタッチメントにより固定して計測を行うものである。                  アタッチメントにより種々のデジタルカメラ(規定の重量以内)を用いることが可能であり、計測したデータはカメラに内蔵されるSDカードに記録・保存される。                  計測データは計測終了後にカメラから取り外して処理を行う。</p>
移動原理		<p>移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。                  (型式)【据置】/【人力】/【飛行型】/【アーム型】/【懸架型】/【接触型】</p> <p>※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。                  例示した6型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述する。</p> <p>【据置】                  計測装置を一定箇所に据え置いて(固定して)計測するもの。</p> <p>【人力】                  人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。</p> <p>【飛行型】                  自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。</p> <p>【アーム型】                  静止した本体から、ブーム・アーム等の稼働機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は稼働機構の物理的制約(伸長最大長や形状と、構造物との干渉状況に制限される。)</p> <p>【懸架型】                  固定されたレールやロープ上を移動する機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は、レール、ロープ上に限られる。</p> <p>【接触型】                  車両やなんらかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの</p> <p>(記載例)                  【飛行型】                  ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的にGNSS測位により自律飛行が可能であるが、現場条件によっては人が操縦して飛行させる。</p>
移動装置	通信	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、有線か無線かの別を記載する。無線であれば、周波数帯(Hz)と出力(W)を記載する。                  (記載例)                  ・周波数: 〇.〇Hz帯, 出力: ΔW</p>
	測位	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、運動制御に利用している測位機構を記載する。衛星測位であれば、RTK-GNSS等の測位方式、センサー利用であれば、レーザー、写真等の機構を記載する。                  (記載例)                  ・GPS                  ・RTK-GNSS</p>
	自律機能	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、測位結果等を運動制御にフィードバックする機構の有無及び機構を有する場合は入力ソース(測位結果、画像等)を記載する。                  (記載例)                  ・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS</p>
	衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>飛行型の場合、最小侵入可能寸法を保証する衝突回避機構について具体的に記載する。                  (記載例)                  ・安全ロープの装着                  ・プロペラガード(水平)</p>
外形寸法・重量		<p>計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。                  一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。                  (記載例)                  ・一体構造(移動装置+計測装置)                  ・最大外形寸法(L〇〇mm×WΔΔmm×H◎◎mm)                  ・最大重量(□□kgf)</p>
搭載可能容量(分離構造の場合)		<p>計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。                  (記載例)                  ・最大外形寸法(長さ〇〇mm×幅ΔΔmm×高さ◎◎mm)                  ・最大重量(□□kgf)</p>

# 画像計測技術(橋梁) (3/10)

移動装置	動力	<p>移動装置への動力源(内燃機関式又は電気式)を記載する。                  内燃機関の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はkVA)を記載する。電気式の場合は電源供給方法(有線又はバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。                  (記載例)                  ・動力源:電気式                  ・電源供給容量:バッテリー                  ・定格容量:○. ○V、▽▽▽mA</p>	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して移動することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を併せて記載する。                  (記載例)                  ・○分(外気温:▲▲°Cの場合)</p>	
計測装置	設置方法	<p>計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。                  分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。                  (記載例)                  ・移動装置の上部に計測装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。</p>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>計測機器が分離構造の場合は、計測装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。                  (記載例)                  ・計測装置:最大外形寸法(長さ○○mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)                  ・最大重量(□□kgf)</p>	
	センシングデバイス	カメラ	<p>機器(デジカメ等)の諸元                  センサーサイズ(mm)、ピクセル数、焦点距離(mm)、ダイナミクスレンジ(bit)他                  (記載例)                  ・○○製カメラ 型番○○                  ・センサーサイズ(縦△pixel×横○pixel)、焦点距離(◇◇mm)</p>
		パン・チルト機構	<p>パン・チルト機構部の可動範囲、設定できる角度を列挙する。                  (記載例)                  ・水平○° ~○°                  ・鉛直□° ~□°</p>
		角度記録・制御機構機能	<p>撮影位置・方向を制御、ないし記録できる機構を有するかどうか                  (記載例)                  ・ジンバルにて全方向の制御可能</p>
		測位機構	<p>画像に対して座標を付すための測位機構として、運動制御とは別に有するものを記載する。                  (記載例)                  ・IMU、運動制御機構と共用</p>
	耐久性	<p>計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。                  (記載例)                  ・IP○△(○は防塵等級、△は防水等級を記載)</p>	
動力	<p>計測装置の動力源を記載する。                  具体的にはセンシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。                  (記載例)                  ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)</p>		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<p>計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。                  (記載例)                  ・○時間(外気温:▲▲°C、◆分に1回計測の場合)</p>		

## 画像計測技術(橋梁) (4/10)

データ収集・通信装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・移動装置の上部にデータ収集・通信装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 (記載例) ・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・記録メディア(SDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット(VPN)経由で地上の受信側PCに伝送しハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 ○GHz帯 ・通信速度 ○Mbps-○○Mbps ・通信距離 ○m~○km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(通信規格、暗号化方式、認証方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式:WPA、WPA2など ・暗号化方式:TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的にはデータ収集・通信装置に搭載されるバッテリーに、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。 (記載例) ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続○時間(気温△℃の場合)使用可能

# 画像計測技術(橋梁) (5/10)

## 3. 運動性能

「2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 (飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。</p> <p>左記の安定性能の前提となる条件を記載する。</p>
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>【飛行型】 衝突回避距離を加味した最小所要空間寸法を縦、横、高さの最大寸法(mm)で記載する。</p> <p>【接触型】 本体の大きさ、あるいは接続構造の場合は節の数、節間距離の関係から、進入可能な空間の最小断面寸法を縦、横(mm)あるいは直径(mm)、進入深さの総計(mm)と、可動部が関節等を有することで屈曲した空間に対応できる場合は、方向を変えることのできる回数「曲がり回数」を示し、合わせて、接続構造の可動状況がわかる外形図を別葉にて記載する。</p> <p>【アーム型】 接続構造の可動状況がわかる外形図を別葉にて記載した上で、先端部を挿入可能な断面寸法を縦、横(mm)、先端部の進入深さの総計(mm)と、先端部が関節等を有することで屈曲した空間に対応できる場合は、方向を変えることのできる回数「曲がり回数」を示し、合わせて、先端部の可動状況がわかる外形図を追記する。計測のために必要となる最小所要空間寸法を縦、横、高さの最大寸法(mm)で記載する。</p> <p>その他の技術についても計測のために必要となる最小所要空間寸法を長さ、幅、高さの最大寸法(mm)で記載する。</p> <p>左記の性能の前提となる条件を記載する。</p>
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>【飛行型・接触型】 操作場所からの最大距離を記載する。</p> <p>【アーム型】 可動機構の物理的限界(最大伸長)を記載する。高さ〇m×深さ〇m等と記載するとともに、別葉にて作業範囲図を記載する。</p> <p>【懸架型】 ロープあるいはレールの長さ〇mと記載するとともに、別葉にて作業範囲図を記載する。</p> <p>その他の技術についても操作場所からの最大距離を記載する。</p> <p>左記の性能の前提となる条件を記載する。</p>
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>移動しながら計測する場合、座標成分別の測位誤差を記載する。</p> <p>左記の運動位置精度の前提となる条件を記載する。</p>

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

# 画像計測技術(橋梁) (6/10)

## 4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の撮影速度の前提となる条件を記載する。
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する なお、ソフトウェア処理を行う場合は、「5. 画像処理方法」において詳述すること。
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の長さの計測精度の前提となる条件を記載する。
	位置精度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の位置精度の前提となる条件を記載する。
	色識別性能	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の色識別性能の前提となる条件を記載する。

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>計測で得られた画像データから変状を検出する具体的な手順を詳述する。その際、画像データのつなぎ合わせや変状の検出プロセス、変状の計測(ひびわれ幅等)方法などについて、具体的に記載する。</p> <p>(記載例)</p> <p>①あおり補正等を行い画像を正対画像として処理する。                  ②処理した画像を1径間ごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、型枠跡や付属物を参考にする。                  ③ひびわれの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを抽出する。                  ④抽出したひびわれを目視で確認し、筋状の汚れ等ひびわれ以外の抽出結果を手動で削除する。                  ⑤ひびわれ幅を自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。                  ⑥抽出したひびわれをDXFに変換し、CADソフトにてひびわれの起終点を指定し、その直線長さをひびわれの長さとする。                  ⑦ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動で抽出する。</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>画像処理に使用するソフトウェア名(市販ソフト/自社開発ソフト)、バージョンを記載する。                  (記載例)                  ・〇〇社製「△△△ ver1.2」(市販ソフト)                  ・「●●● ver3.0」(自社開発ソフト)</p>
	<p>検出可能な変状</p>	<p>画像処理によって検出可能な変状を記載する。                  (記載例)                  ・ひびわれ(幅および長さ)、鋼材の腐食、漏水・滞水</p>
	<p>ひびわれ</p>	<p>ひびわれを検出するための原理・アルゴリズムを記載する。なおAIを利用した検出方法の場合は、その</p> <p>①機械学習の方法(クラスタリング等)、                  ②ディープラーニングの学習方法(畳み込みニューラルネットワーク等)、                  ③学習に利用した教師データ(対象とした構造物、部位、変状やその概算数量等)、                  ④使用したAIにより解析する画像(写真)の撮影条件・仕様、                  ⑤ひびわれ抽出のアルゴリズム(空間)等を併記する。</p> <p>(記載例)</p> <p>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出                  ・AI教師データはコンクリート構造物としてはRC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)におけるひびわれ、床版ひびわれに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約10橋分)。また、AI教師データは構造物ごと(下部構造、主桁、床版)に分割して学習させている。                  ・撮影条件・仕様等</p> <p>1) カメラ: デジタル一眼レフ                  2) 撮影設定: 絞り優先設定                  3) ISO感度: ISO200以下                  4) ラップ率: オーバーラップ 80%、サイドラップ 30%                  5) 画質: 最高(ファイン)                  6) 画質フォーマット: JPEG                  7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと                  ・コンクリート部分とひびわれ部の画素ごとの輝度の違いからひびわれを特定することで自動検出(ひびわれのみ、その他は手動検出)</p>
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>アルゴリズムにより検出したひびわれの長さ及び幅の計測方法を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <p>・幅: ひびわれと自動検出された画素(pixel)の数を計測し、1pixelあたりの長さを乗することでひびわれ幅を算出する。そのため、1pixelの長さ未満のひびわれ幅は検出はできず、1pixelの長さに切り上げて算出される。                  ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測                  又はソフトによりひびわれ沿いの長さを〇〇〇〇という手法により算出。</p>
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>ひびわれ以外の変状を検出するための原理・アルゴリズムを記載する。</p> <p>(記載例)</p> <p>・人が画像を確認して、変状を人力でトレース                  ・AI教師データはコンクリート構造物としてはRC床版橋、RCT桁橋の下部構造(橋脚、橋台)、上部構造(主桁、床版)における剥離・鉄筋露出、漏水・有利石灰に関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約10橋分)。また、AI教師データは構造物ごと(下部構造、主桁、床版)に分割して学習させている。</p>
<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>機械学習、ディープラーニングによる学習の性能評価を記載する。                  性能評価結果の記載にあたっては、学習結果の検証を行い、モデルの出力結果と正答の集計結果の比較等により表記する方法(例えば、実際に損傷だったデータのうち、正しく損傷として分類できたデータの割合を表す再現率の算出等)などが考えられる。なお、その際はどのような場合に正しく検出したと判断するのか、その考え方を記載することが望ましい。</p> <p>(記載例)</p> <p>・ひびわれの検出: 再現率80%(〇〇〇〇の場合にモデルの出力結果が正しく損傷を分類したと判断している)</p>	
<p>変状の描画方法</p>	<p>検出した変状の描画方法(ポリライン、ポリゴン、点群データ等)を記載する。                  (記載例)                  ・ひびわれ: ポリライン                  ・ひびわれ以外: ポリゴン</p>	



## 画像計測技術(橋梁) (8/10)

ソフトウェア情報	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG等、対応可能な画像ファイルの形式を記載する。
		ファイル容量	取り扱い可能な1ファイルあたりの画像容量を記載する。
		カラー／白黒画像	カラー／白黒画像の取り扱いの可否を記載する。
		画素分解能	解析に必要な画素分解能を記載する。 (記載例) ・ひびわれ幅0.3mmを検出するためには0mm/Pixel以下であることが必要 ・ただし検出可能なひびわれ幅の最小値は、画素分解能の性能に関わらず0.05mmである。
		その他の留意事項	上記以外の留意事項を記載する。 (記載例) ・ひびわれにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・ひびわれと蜘蛛の巣の見分けが困難 ・超解像技術を利用
	出力ファイル形式		【汎用ファイル形式の場合】 JPEG/DXF等、出力可能なファイル形式を記載する。 【専用ファイル形式の場合】 使用ソフトウェア独自のファイル形式を使用する場合に、ビューワの有無を含めて記載する。
調書作成支援の手順			計測あるいは画像処理により得られる画像データから損傷の種類や位置を把握し、調書作成を支援する方法などについて、その手順を具体的に記載する。  (記載例) ①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②点検調書の様式をタブレットに取り込み、タブレット上で画像データの確認、操作が可能となるように調整する。 ③画像データをタブレットに取り込み、画像データに番号を付ける。 ④点検調書の様式に従い、径間番号、部材名、要素番号を手動入力する。 ⑤損傷が映っている写真を手動で抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、損傷の種類、その状況を旗揚げする。 ⑥タブレットに入力したデータをクラウドに保存する。 ⑦クラウドから点検調書データをダウンロードし、出力する。
調書作成支援の適用条件			調書作成支援ソフトを活用するために求められる画像計測方法や画像データの条件(画質等)、ネットワーク環境等について具体的に記載する。  (記載例) ・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1)被写体に対して正対して撮影 2)画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 3)ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.2mm、計測精度0.1mm」となるように撮影 ・タブレットで入力したデータをクラウドに保存するため、現地でインターネット環境(無線の電波状)が整っている方が望ましい。
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名			調書作成支援に使用する機器、ソフトウェア名(市販ソフト/自社開発ソフト)、バージョンを記載する。 (記載例) ・現地での入力:タブレット(iPad) ・点検調書データのダウンロード:OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome ・〇〇社製「△△△ ver1.2」(市販ソフト) ・「●●● ver3.0」(自社開発ソフト)

## 画像計測技術(橋梁) (9/10)

### 6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	道路幅員条件等があれば記載する。 (記載例) 幅員〇〇m以内 歩道〇〇m以上必要 等	
	桁下条件	桁下条件等があれば記載する。 (記載例) 桁高〇〇m未満 桁下は人が進入できる箇所 等	
	周辺条件	周辺条件等があれば記載する。 (記載例) 民家等の建物や電線がある場合は不可 電波塔などがある場合は不可 等	
	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) 計測中は注意喚起の看板の設置 等	
	無線等使用における混線等対策	混戦対策等があれば記載する。 (記載例) 使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	道路規制条件	道路の規制条件等があれば記載する。 (記載例) 装置の設置・撤去時は交通規制の必要がある 等	
	その他		

### 6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
	必要構成人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) 現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) 社内講習〇〇時間以上 など	
	操作場所	操作が必要場合は記載する。 (記載例) 計測機器より10m以内	
	点検費用	点検費用を記載する。 (記載例) 年間 〇〇円 1回計測 〇〇円 等	
	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) 保険には加入していない	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) 自律制御有	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) 購入品のみ	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) サポート制あり	
	センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JISOに基づく点検)等について記載する。	
その他	その他現場条件があれば記載する。 (記載例) 山間等の機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難		



## 7. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■画像計測技術（トンネル）

# 画像計測技術(トンネル) (1/9)

## 1. 基本事項

技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバーを記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL :	E-mail :	文字情報を記載(mailto等のリンクは削除する) 担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</p> <p>・計測の原理やプロセス</p> <p>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する (範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない) ※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地/覆工の水平継ぎ目/覆工天端/その他覆工面/内装板/吸音板/天井板/照明/ケーブル類/警報表示板/標識/ジェットファン/その他附属物/はく落防止対策工/漏水対策工/その他補修箇所/排水施設/路肩及び路面/坑門/その他(具体名を記載する) ※複数可能	
	変状の種類	本体工における圧ざ/ひび割れ/うき/はく離/変形/移動/沈下/鋼材腐食/巻厚の不足または減少/背面空洞/漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断/緩み/脱落/亀裂/腐食/変形/欠損/がたつき/その他(具体名を記載する) ※複数可能	
	物理原理	技術が採用する 画像/動画/赤外線/その他 ※複数可能	

## 2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>【計測装置の構成】 計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているのかを記載する。具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。</p> <p>(記載例) 本計測機器は、「撮影角度を10度刻みにカメラを固定した計測装置」と「各カメラのデータを保存するハードディスクと処理装置を組み合わせた記録装置」を「移動車両」に一体化させたものである。</p>		
移動装置	移動原理	<p>移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。 (型式)【据置】/【人力】/【接触型】/【車両型】/【フレーム型】</p> <p>※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。例示した5型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述すること。</p> <p>【据置】 計測装置を一定箇所に据え置いて(固定して)計測するもの。 【人力】 人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。 【接触型】 車両やなんらかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの 【車両型】 車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの。 【フレーム型】 交通流を確保しながら作業できるフレーム型の移動足場にセンシング機器を装着して、撮影対象箇所に接近するもの。</p> <p>(記載例) 【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。</p>	
	外形寸法・重量	<p>計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。</p> <p>(記載例) ・一体構造(移動装置+計測装置) ・最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm) ・最大重量(□kgf)</p>	

## 画像計測技術(トンネル) (2/9)

移動装置	搭載可能容量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)、最大重量を記載する。  (記載例) ・最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm) ・最大重量(□□kgf)	
	動力	移動装置への動力源(内燃機関式又は電気式)を記載する。 内燃機関式の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はkVA)を記載する。 電気式の場合は電源供給方法(有線又はバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。  (記載例) ・動力源: 内燃機関 ・燃料: ディーゼル ・定格出力: ○kW	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して稼働することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を併せて記載すること。  (記載例) ・〇分(外気温〇℃の場合)	
計測装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。  (記載例) ・移動装置と一体的な構造。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、計測装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。  (記載例) ・計測装置: 最大外形寸法(長さ ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm) ・最大重量(□□kgf)	
	センシングデバイス	カメラ	機器(デジカメ等)の諸元 センサーサイズ(mm)、ピクセル数、焦点距離(mm)、ダイナミクスレンジ(bit)、(動画の場合)フレーム数(〇～〇fps)、 覆工展開画像形式(オルソ・モザイク・RAW・3次元テクスチャー等を記載する)、 覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量(約〇MB)他  (記載例) ・〇〇製カメラ 型番〇〇 ・センサーサイズ(縦〇mm×横〇mm)、ピクセル数(縦△pixel×横〇pixel)、焦点距離(◇◇mm)
		パン・チルト機構	パン・チルト機構部の可動範囲、設定できる角度を列挙  (記載例) ・水平〇°～〇° ・鉛直□°～□°
		角度記録・制御機構	計測装置が可動の場合、その制御機構などの概要を記載する。  (記載例) ・角度センサーと組み合わせた駆動モータにて任意角度に可動
		測位機構	画像に対して座標を付するための測位機構として、運動制御とは別に有するものを記載する。本体に装備された機構でなく、マーカー等により座標を付し、補正を行う場合はその旨記載する。  (記載例) ・IMU、運動制御機構と併用
	耐久性	計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。  (記載例) ・IP〇△(〇は防塵等級、△は防水等級を記載)	
	動力	計測装置の動力源を記載する。 具体的にはセンシングデバイスであるカメラに搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。  (記載例) ・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。  (記載例) ・〇時間(外気温: ▲▲℃、◆分に1回計測の場合)		

## 画像計測技術(トンネル) (3/9)

データ収集・通信装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。  (記載例) ・移動装置と一体的な構造。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。  (記載例) ・装置寸法 計測器:長さ〇〇mm X 幅△△mm X 高さ◎◎mm、重さ〇〇kg
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。  (記載例) ・カメラに付属した記録メディア(ハードディスク)にデータを保存する。保存データは、有線接続された計測用PCにて確認可能。外部保存する場合には、専用クラウドサービスへ無線通信にて保存。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。  (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 〇.〇GHz帯 ・通信速度 〇〇Mbps-〇〇〇Mbps ・通信距離 〇m~〇km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(通信規格、暗号化方式、認証方式)を記載する。  (記載例) ・認証方式:WPA、WPA2など ・暗号化方式:TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。 具体的にはデータ収集・通信装置に搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。  (記載例) ・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へデータ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。  (記載例) ・内蔵するバッテリーからの給電により連続〇時間(気温△℃の場合)使用可能 ・計測機器とは別に電源を確保することで無制限に連続使用が可能

### 3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	計測のために必要となる最小所要空間寸法を、装置全体外形及び必要離隔を含めた幅、高さの最大寸法(mm)で記載する。 計測可能なトンネルの最小寸法を道路幅員、高さ(mm)で記載する。  (記載例) ・最小所要空間寸法 幅〇〇mm × 高さ〇〇mm程度(上記装置及び必要離隔を含んだ数値) ・道路幅員〇〇mm × 高さ〇〇mm	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。  左記の前提となる条件を記載する。
適用可能なトンネルの最大寸法	計測可能な距離条件(トンネルとの離隔、断面寸法等)を記載する。  (記載例) ・車両との離隔が側方〇m以上または上方〇m以上となる場合は不可。	左記の前提となる条件を記載する。

# 画像計測技術(トンネル) (4/9)

## 4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。</p> <p>左記の撮影速度の前提となる条件を記載する。</p>
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>供試体による模擬ひび割れ等において、その有無が検出できた「最小ひび割れ幅」とそのひび割れ幅に対する「計測精度」を記載する。 最小ひび割れ幅が示す数値は、取得された生画像から当該数値の幅のひび割れが視認できるかどうかを表すものである。 一方、計測精度については、画像を合成して寸法を規格化する等、ソフトウェア処理を行う前提で画像のみから幅を計測するとき、最小ひび割れ幅(a)の複数(n個)の模擬ひび割れの計測結果<math>x_i(1 \leq i \leq n)</math>の二乗平均平方根誤差(mm)により評価する。なお、その検証条件等は「5. 画像処理方法」において詳述する。超解像技術等を用いる場合は、その旨付記する。 ○ ひび割れ幅計測精度 E (mm)</p> $E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$ <p>また、ひび割れの検出手順を記載する(5. 画像処理方法の「変状検出手順」と同一の場合はその旨記載する)。 なお、超解像技術等を用いる場合は、その旨付記する。(表記例) 「最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.1mm(ひび割れの検出手順は画像処理性能の「検出手順」と同様)」</p> <p>左記の最小ひび割れ幅・計測精度の前提となる条件を記載する。 なお、ソフトウェア処理を行う場合は、「5. 画像処理方法」において詳述すること。</p>
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>画像から得られる2点間距離の計測結果の真値との誤差の性能値について、相対誤差(誤差÷真値)(%)で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載する。</p> <p>(表記例) ・縦断方向:○% ・進行方向:○%</p> <p>左記の長さの計測精度の前提となる条件を記載する。</p>
	位置精度	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>変状図と同一の座標系での変状位置座標の誤差の保証値について、各座標成分毎の絶対誤差(mm)で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載する。</p> <p>(表記例) ・縦断方向:○mm ・進行方向:○mm</p> <p>左記の位置精度の前提となる条件を記載する。</p>
色識別性能	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>トンネル坑内における色調変化の把握可否を表す指標として、色調もしくは色の識別が可能を示す性能。錆等、変色を伴う変状の抽出に使用することができる。ガイドラインに記載された方法により性能を確認し、下記のいずれかを記載する。 ・フルカラー識別可能 ・グレースケール識別可能</p> <p>(表記例) ・フルカラー識別可能</p> <p>左記の色識別性能の前提となる条件を記載する。</p>	

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

<p>変状検出手順</p>	<p>計測で得られた画像データから変状を検出する具体的な手順を詳述する。その際、画像データのつなぎ合わせや変状の検出プロセス、変状の計測(ひび割れ幅等)方法などについて、具体的に記載する。 (記載例) ①撮影した画像を覆工1スパンごとにつなぎ合わせる。つなぎ合わせでは、トンネル内附属物の位置を参考にする。 ②ひび割れの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひび割れを抽出する。 ③抽出したひび割れを目視で確認し、筋状の汚れ等ひび割れ以外の抽出結果を手動で削除する。 ④ひび割れ幅を自動抽出する(下記アルゴリズム参照)。 ⑤抽出したひび割れをDXFに変換し、CADソフトにてひび割れの起終点を指定し、その直線長さをひび割れの長さとする。 ⑥その他変状の自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひび割れ以外の変状を抽出する。うき、はく離、鋼材腐食については、手動により変状種別を判別する。</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>画像処理に使用したソフトウェア名(市販ソフト(メーカー名含む)/自社開発ソフト)、バージョンを記載する。 (記載例) ・〇〇社製「△△△ ver1.2」(市販ソフト) ・「●●● ver3.0」(自社開発ソフト)</p>
	<p>検出可能な変状</p>	<p>画像処理によって検出可能な変状を記載する。 (記載例) ・ひび割れ(幅および長さ)、鋼材腐食、漏水</p>
	<p>ひび割れ</p>	<p>ひび割れを検出するための原理・アルゴリズムを記載する。なおAIを利用した検出方法の場合は、その ①機械学習の方法(クラスタリング等)、 ②ディープラーニングの学習方法(畳み込みニューラルネットワーク等)、 ③学習に利用した教師データ(対象とした構造物、部位、変状やその概算数量等)、 ④使用したAIにより解析する画像(写真)の撮影条件・仕様、 ⑤ひび割れ抽出のアルゴリズム(空間)等を併記する。  (記載例) ・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データは覆工面のひび割れに関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(約10トンネル分)。また、AI教師データは構造部位ごと(アーチ、側壁等)に分割して学習させている。 ・撮影条件・仕様等 1) カメラ: デジタル一眼レフ 2) 撮影設定: 絞り優先設定 3) ISO感度: ISO200以下 4) ラップ率: オーバーラップ 80%、サイドラップ 30% 5) 画質: 最高(ファイン) 6) 画質フォーマット: JPEG 7) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと ・コンクリート部分とひび割れ部の画素ごとの輝度の違いからひび割れを特定することで自動検出(ひび割れのみ、その他は手動検出)</p>
	<p>変状検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひび割れ幅および長さの計測方法</p> <p>アルゴリズムにより検出したひび割れの長さ及び幅の計測方法を記載する。 (記載例) ・幅: ひび割れと自動検出された画素(pixel)の数を計測し、1pixelあたりの長さを乗することでひび割れ幅を算出する。そのため、1pixelの長さ未満のひび割れ幅は検出はできず、1pixelの長さに切り上げて算出される。 ・長さ: 起終点を人力で指定し、CAD上で直線距離を計測 又はソフトによりひび割れ沿いの長さを〇〇〇〇という手法により算出。</p>
	<p>ひび割れ以外</p>	<p>ひび割れ以外の変状を検出するための原理・アルゴリズムを記載する。 (記載例) 【漏水】 ・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出 ・AI教師データは覆工面における漏水に関する写真に、技術者による点検成果を重ね合わせ、寸法等の情報を付与したデータ(トンネル約10箇所分)。 【うき・はく離、鋼材腐食】 ・変状種別を手動で検出したうえで、変状箇所を示すチョークを含む画像を基に、適応的二値化手法を用いてチョークによって囲まれた変状範囲の輪郭を自動検出。</p>
<p>画像処理の精度 (学習結果に対する性能評価)</p>	<p>機械学習、ディープラーニングによる学習の性能評価を記載する。性能評価結果の記載にあたっては、学習結果の検証を行い、モデルの出力結果と正答の集計結果の比較等により表記する方法(例えば、実際に変状であったデータのうち、正しく変状として分類できたデータの割合を表す再現率の算出等)などが考えられる。なお、その際はどのような場合に正しく検出したと判断するのか、その考え方を記載することが望ましい。 (記載例) ・ひび割れの検出: 再現率80%(〇〇〇〇の場合にモデルの出力結果が正しく損傷を分類したと判断している)</p>	



## 画像計測技術(トンネル) (6/9)

ソフトウェア情報	変状検出の原理・アルゴリズム	変状の描画方法	検出した変状の描画方法(ポリライン、ポリゴン、点群データ等)を記載する。 (記載例) ・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG等、対応可能な画像ファイルの形式を記載する。
		ファイル容量	取扱い可能な1ファイルあたりの画像容量を記載する。
		カラー／白黒画像	カラー／白黒画像の取り扱いの可否を記載する。
		画素分解能	解析に必要な画素分解能を記載する。 (記載例) ・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには0mm/Pixel以下であることが必要
	その他の留意事項	上記以外の留意事項を記載する。 (記載例) ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと ・覆工面に正対した画像であること ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難 ・覆工面が煤により汚れている場合は、ひび割れの検出が困難 ・超解像技術を利用	
	出力ファイル形式	【汎用ファイル形式の場合】 JPEG/DXF等、出力可能なファイル形式を記載する。 【専用ファイル形式の場合】 使用ソフトウェア独自のファイル形式を使用する場合に、ビューワの有無を含めて記載する。	
調書作成支援の手順	計測あるいは画像処理により得られる画像データから変状の種類や位置を把握し、調書作成を支援する方法などについて、その手順を具体的に記載する。  (記載例) ①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。 ②点検調書の様式をタブレットに取り込み、タブレット上で画像データの確認、操作が可能となるように調整する。 ③画像データをタブレットに取り込み、画像データに番号を付ける。 ④点検調書の様式に従い、覆工スパン番号、変状部位等を手動入力する。 ⑤変状が映っている写真を手動で抽出し、点検調書の所定の項目に張り付けるとともに、変状の種類、その状況を旗揚げする。 ⑥タブレットに入力したデータをクラウドに保存する。 ⑦クラウドから点検調書データをダウンロードし、出力する。		
調書作成支援の適用条件	調書作成支援ソフトを活用するために求められる画像計測方法や画像データの条件(画質等)、ネットワーク環境等について具体的に記載する。  (記載例) ・以下の条件の画像データが得られるように撮影すること。 1)被写体に対して正対して撮影 2)画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 3)ひび割れの計測精度が「最小ひび割れ幅0.2mm、計測精度0.1mm」となるように撮影 ・タブレットで入力したデータをクラウドに保存するため、現地でインターネット環境(無線の電波状)が整っている方が望ましい。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	調書作成支援に使用する機器、ソフトウェア名(市販ソフト/自社開発ソフト)、バージョンを記載する。 (記載例) ・現地での入力:タブレット(iPad) ・点検調書データのダウンロード:OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome ・〇〇社製「△△△ ver1.2」(市販ソフト) ・「●●● ver3.0」(自社開発ソフト)		



# 画像計測技術(トンネル) (7/9)

## 6. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検現場条件	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「注意喚起の看板の設置」等 ・交通規制を行わない場合は「特になし」等	
	無線等使用における混線等対策	混線対策等があれば記載する。 (記載例) ・混線対策が必要な場合は、使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	交通規制の要否	交通規制の要否を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「要」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	交通規制の範囲	交通規制が必要な場合、その範囲を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「片側車線」等 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	現地への運搬方法	現地への運搬方法を記載する。 (記載例) ・人による運搬 ・車両に搭載して運搬 等	
	トンネル延長の制約	トンネル延長について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	車線数の制約	車線数について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし ・車線数に制約がある場合は「2車線分の作業範囲を要する」等	
	断面形状の制約	断面形状について制約があれば記載する。 (記載例) ・道路幅員〇m以下、高さ〇m以下	
その他			

## 6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
	必要構成人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) ・現場責任者〇人、点検員〇人、点検補助員〇人、車両運転員〇人、交通誘導員〇人、合計〇名 等	
	操作に必要な資格等の有無	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) ・社内講習〇〇時間以上 等	
	操作場所	操作場所を記載する。 (記載例) ・車両内 等	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	日当たり平均点検量を記載する。 (記載例) ・平均点検量: 〇m <sup>2</sup> /日 ・平均作業時間: 〇時間/日 等	
	点検費用	点検費用を記載する。 (記載例) ・年間 〇〇円 ・1回計測 〇〇円 等	

## 画像計測技術(トンネル) (8/9)

作業条件・運用条件	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) ・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限 ・加入していない 等	
	時間帯(夜間作業の可否)	夜間作業の可否を記載する。 (記載例) ・特になし(夜間作業は可) 等	
	計測時の走行速度条件	計測時の走行速度条件を記載する。 (記載例) ・0km/h以下 等	
	渋滞時の計測可否	渋滞時の計測可否について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	設備等による死角条件	・撮影時に死角となる条件があれば記載する。 (記載例) ・ジェットファン、照明等の付属物の背面は撮影不可 等	
	車両から覆工表面までの距離条件	車両から覆工表面までの距離条件を記載する。 (記載例) ・特になし ・距離の条件がある場合は「0m以内」 等	
	トンネル内照明の消灯の必要性	計測時における、トンネル内照明の消灯可否を記載する。 (記載例) ・特になし ・照明消灯の条件がある場合は「消灯の必要あり」 等	
	可搬性(寸法・重量)	可搬性(寸法・重量)について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) ・自動制御がない場合は「無」 ・自動制御がある場合は「有」	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) ・すべて自社機材 ・車両のみ、レンタルで入手 等	
	関係機関への手続きの必要性	関係機関への手続きの可否を記載する。 (記載例) ・必要なし ・交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。 等	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフトの有無等について記載する。 (記載例) ・解析ソフト:自社開発ソフト(〇〇)を使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:〇円 等	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) ・サポート体制がない場合は「無」 ・サポート体制がある場合は「有、条件:〇〇〇〇〇〇」 等	
	センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JISOに基づく点検)等について記載する。	
その他			

## 7. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- 技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- 計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- 技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■非破壊検査技術（橋梁）

# 非破壊検査技術(橋梁) (1/8)

## 1. 基本事項

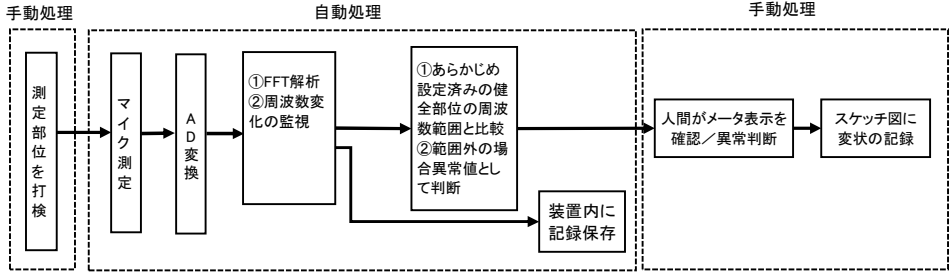
技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載(mailto:等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</p> <p>・計測の原理やプロセス</p> <p>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する (範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない)</p> <p>※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台等)/支承部/路上/その他(具体名を記載する) ※複数可能 (定期点検要領に記載されている部位名を記載する)	
	変状の種類	腐食/亀裂/ゆるみ・脱落/破断/ひびわれ/床版ひびわれ/変形・欠損/漏水・滞水/支承部の機能障害/その他 (具体名を記載する) ※複数可能 (定期点検要領に記載されている変状の名称を記載する)	
	物理原理	磁束密度/電流/音響/電磁波/赤外線/近赤外線/その他(具体名・説明を簡潔に記載する) ※複数可能	
	検出項目	磁束密度の差/電流の変化/打音の周波数変化/電磁波の反射強度/赤外線による熱画像解析/近赤外線の反射光スペクトル強度/その他(具体的手法を簡潔に記載する)	

# 非破壊検査技術(橋梁) (2/8)

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているかを記載する。                  具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。                  (記載例)                  ・本計測機器はマルチコプター上部に車輪を搭載し、マルチコプターの飛行機能で床版に接触し打音検査を行うものである。移動装置と計測装置は一体構造となっており、打音検査機構で収集した音響波形はWiFiにてPCに記録される。</p>
移動装置	移動原理	<p>移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。                  (型式)【据置】/【人力】/【飛行型】/【アーム型】/【懸架型】/【接触型】</p> <p>※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。                  例示した6型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述すること。</p> <p>【据置】                  計測装置を一定箇所に据え置いて(固定して)計測するもの。</p> <p>【人力】                  人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。</p> <p>【飛行型】                  自重を揚力で支えることで、平面方向・鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。</p> <p>【アーム型】                  静止した本体から、ブーム・アーム等の稼働機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は稼働機構の物理的制約(伸長最大長や形状と、構造物との干渉状況に制限される。)</p> <p>【懸架型】                  固定されたレールやロープ上を移動する機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は、レール、ロープ上に限られる。</p> <p>【接触型】                  車両やなんらかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの</p> <p>(記載例)                  【飛行型】                  ・機体は4枚羽のドローンであり、基本的にGNSS測位により自律飛行が可能であるが、現場条件によっては人が操縦して飛行させる。</p>
	通信	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、有線か無線かの別を記載。無線であれば、周波数帯(Hz)と出力(W)を記載。                  (記載例)                  ・周波数:2.4GHz帯、出力:1W</p>
	測位	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、運動制御に利用している測位機構を記載する。衛星測位であれば、RTK-GNSS等の測位方式、センサー利用であれば、レーザー、写真等の機構を記載する。                  (記載例)                  ・GPS                  ・RTK-GNSS</p>
	自律機能	<p>飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、測位結果等を運動制御にフィードバックする機構の有無及び機構を有する場合は入力ソース(測位結果、画像等)を記載する。                  (記載例)                  ・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS</p>
	衝突回避機能(飛行型のみ)	<p>飛行型の場合、最小侵入可能寸法を保証する衝突回避機構について具体的に記載する。                  (記載例)                  ・安全ロープの装着                  ・プロペラガード(水平)</p>
外形寸法・重量		<p>計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。                  一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。                  (記載例)                  ・一体構造(移動装置+計測装置):最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)</p>
搭載可能容量(分離構造の場合)		<p>計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(縦×幅×高さ)、最大重量を記載する。                  (記載例)                  ・最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)</p>
動力		<p>移動装置への動力源(内燃機関式又は電気式)を記載する。                  内燃機関の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はmAh)を記載する。電気式の場合は電源供給方法(有線又はバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。                  (記載例)                  ・動力源:電気式                  ・電源供給方法:バッテリー                  ・定格容量:○.〇V、▽▽▽mA</p>
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		<p>作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して稼働することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を併せて記載する。                  (記載例)                  ・〇分(外気温:▲▲℃の場合)</p>

非破壊検査技術(橋梁) (3/8)

計測装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・移動装置の上部に計測装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、計測装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 (記載例) ・計測装置: 最大外形寸法(長さ○0mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	センシングデバイス	計測装置に用いるセンシングデバイスを具体的に記載する。 (記載例) ・音響発信器 ○○社製 型番△△ ・ひずみゲージ ◇◇社製 □□型番 単軸 ・赤外線カメラ 自社開発 検出波長帯: ○~○μm
	計測原理	センシングデバイスにより変状をどのように計測するのか、その原理や計測方法を具体的に記載する。その際、計測にあたってキャリブレーションの方法や再現性能についても記載すること。 (記載例) ・測定部分において金属式打検装置により打音(音響信号)を発生させ、発生した音響信号を音響受信機(マイクロフォン)で音波として受信し、市販のアンプ・フィルター・A/D変換器により音圧レベルに数値化する。 ・音響受信機のキャリブレーションは、市販の基準音波発生器により使用前に現場にて校正する。(この校正により測定値の再現性は基準周波数±○0Hz、音圧レベルは±○0dbとなる)
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	構造物に計測装置を適用するための条件、計測にあたっての留意点等を記載する。 (記載例) ・センサー(ひずみゲージ)貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。 ・鋼材のひずみゲージ貼付箇所は塗装などを剥がして鋼材素地を露出させる必要がある。また、コンクリートの計測の場合は、ひずみゲージの倍程度の面積で下地処理やコーティング材(樹脂)の塗布を行う必要がある。 ・母材とひずみゲージの密着性を図るため、雨水が流れたりする湿潤状態ではゲージ貼付作業はできない(測定は雨天や積雪時でも可能)。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	計測原理に照らして誤差を生む要因、計測のために検討すべき対応策等を具体的に記載する。 (記載例) ・ひずみ計測にあたり計測精度向上のため、SN比の向上に留意する必要がある。適切な測定結果が得られるよう、計測来の感度(レンジ)やフィルタ機能、A/D変換の分解能、サンプリング周期などを適切に設定する必要がある。 ・温度変化による見かけひずみが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。 ・コンクリートでの計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面密度の不均一などの影響を受けないように対策が必要である。
計測プロセス	センシングデバイスにより変状を計測するプロセスを具体的に記述する。その際、データの計測、変換(A/D変換)、処理、記録などについてできるだけ詳述するとともに、手動で作業する部分、プログラム等により自動処理を行う部分を区分して記載する。なお、自動処理を行う場合は、そのアルゴリズムを記載する。 (記載例) ①測定する部分に測定者が計測装置の先端部分を当て、金属式打検装置により打検し、音響を発生させる。 ②打検により発生した音響(反射音)は、計測装置先端に設置してある音響受信機にて自動受信する。 ③受信した音響信号をA/D変換器にて自動処理により数値化する。※A/D変換装置はサンプリングレートはOKHz、分解能は△bitである。 ④数値化されたデータは、即時にFFT解析により周波数を特定する。 ⑤特定された周波数を、あらかじめ設定済みの健全部位の周波数範囲と比較し、健全範囲から逸脱した周波数が測定された場合、変状(例:うき)ありのアラートサインをモニター上に表示して、測定者に注意喚起する。 ⑥測定者は、当該アラートの発生位置を変状としてスケッチ図に記録する。  	
アウトプット	計測プロセスを経て具体的にアウトプットされるデータの種別、項目、データ形式等を記載する。 (記載例) ・変状ありの箇所は画面上で色分けして表示され、これを人が確認し、スケッチして記録する。 ・データ出力はDXF形式である。	
耐久性	計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。 (記載例) ・IPO△(○は防塵等級、△は防水等級を記載する)	

# 非破壊検査技術(橋梁) (4/8)

計測装置	動力	計測装置の動力源を記載する。 具体的に、計測装置に搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述すること。 (記載例) ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。 (記載例) ・○時間(外気温: ▲▲℃、◆分に1回計測の場合)
データ収集・通信装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・移動装置の上部にデータ収集・通信装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・データ収集・通信装置: 最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・記録メディア(SDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット(VPN)経由で地上の受信側PCに伝送しハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 ○.○GHz帯 ・通信速度 ○○Mbps-○○○Mbps ・通信距離 ○m~○km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(認証方式、暗号化方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式: WPA、WPA2など ・暗号化方式: TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的に、計測装置に内蔵されるバッテリーによるのか、移動装置のバッテリーを併用するのか、別の動力から確保するのかなどを記載する。 (記載例) ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続○時間(気温△℃の場合)使用可能



# 非破壊検査技術(橋梁) (5/8)

## 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。</p> <p>左記の安定性能の前提となる条件を記載する。</p>
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>左記の性能の前提となる条件を記載する。</p>
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>左記の性能の前提となる条件を記載する。</p>
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	有/無	<p>左記の運動位置精度の前提となる条件を記載する。</p>

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の計測レンジの前提となる条件を記載する。	
		計測可能なレンジを記載する。 (記載例) ■ $\mu\text{E}$ ± ● $\mu\text{E}$ (F.S.=▲ $\mu\text{E}$ ) など			
	校正方法	センシングデバイスの校正方法を記載する。 (記載例) JIS〇〇に基づき校正を実施			
	感度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出率計測時の条件及びその性能が発揮されるための現場条件等を具体的に記載する。	
		センシングデバイスにより計測項目(ひずみ、変位等)を検出できるか否か、その性能を記載する。 (記載例) 検出率〇%			
	検出感度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出感度の前提となる条件を記載する。	
			感度(入力に対する出力の割合)を記載する。感度はセンサに応じて記載すること。		
	S/N比	検証の有無の記載 ※	有/無	左記のS/N比の前提となる条件を記載する。	
		計測装置のS/N比を記載する。 (記載例) S/N比=●			
	分解能	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。	
計測装置の分解能を記載する。 (記載例) フルスケールの●% 又は ◆bit					
計測精度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。		
	<p>○検出項目が【うき】の場合 以下の式により検出率(%)、的中率(%)を算出し記載する。</p> <p style="text-align: center;"> <math display="block">\text{検出率}(\%) = \frac{\text{正解個数のうち技術で検出できた個数}}{\text{異常の正解個数}}</math> <math display="block">\text{的中率}(\%) = \frac{\text{当該技術で検出した異常のうち正解個数}}{\text{技術で検出した個数(誤検出を含む)}}</math> </p> <p>○検出項目が【うき】以外の場合 各々の検出項目に応じた計測精度を記載する。その際、精度の考え方、その算出方法をあわせて記載する。 (記載例: センサーの例) ・フルスケールの●%(x方向のみ、yz方向は検出不可)</p>				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。		
		所要の品質の画像を取得する際の移動速度(m/s)を、動作条件と併せて記載する。			
位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。		
	移動して計測する場合、その位置精度(mm)				

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

# 非破壊検査技術(橋梁) (7/8)

## 5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
道路幅員条件	道路幅員条件等があれば記載する。 (記載例) 幅員〇〇m以内 歩道〇〇m以上必要 等	
桁下条件	桁下条件等があれば記載する。 (記載例) 桁高〇〇m未満 桁下は人が進入できる箇所 等	
周辺条件	周辺条件等があれば記載する。 (記載例) 民家等の建物や電線がある場合は不可 電波塔などがある場合は不可 等	
安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) 計測中は注意喚起の看板の設置 等	
無線等使用における混線等対策	混線対策等があれば記載する。 (記載例) 使用する周波数を変動させながら使用している 等	
道路規制条件	道路の規制条件等があれば記載する。 (記載例) 装置の設置・撤去時は交通規制の必要がある 等	
塗装剤条件	レーザ等を使用する場合に対象構造物の塗装材に条件がある場合は計測不要な塗装剤を記載する。 (記載例) 金属系の塗装料	
躯体状態	レーザ等を使用する場合に対象構造物の表面の状態(凹凸や湿潤)に条件がある場合は記載する。 (記載例) コンクリートの表面が湿潤状態でないこと	
躯体温度条件	レーザ等を使用する場合に対象構造物の表面の温度に条件がある場合は記載する。 (記載例) 直射日光によって、温度差発生しにくいこと	
その他		

## 5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
必要構成人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) 現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) 社内講習〇〇時間以上 など	
操作場所	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) 社内講習〇〇時間以上 など	
点検費用	点検費用を記載する。 (記載例) 年間 〇〇円 1回計測 〇〇円 等	

## 非破壊検査技術(橋梁) (8/8)

作業条件・運用条件	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) 保険には加入していない	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) 自律制御有	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) 購入品のみ	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) サポート制あり	
	センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JISOに基づく点検)等について記載する。	
	その他	その他現場条件があれば記載する。 (記載例) 山間等の機器のロスト時に回収ができない現場では対応困難	

### 6. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■非破壊検査技術（トンネル）

# 非破壊検査技術(トンネル) (1/7)

## 1. 基本事項

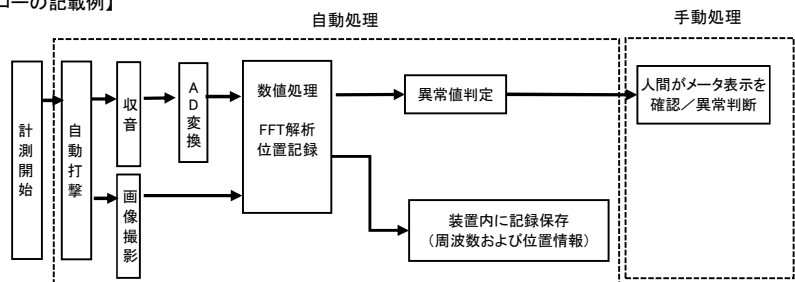
技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載(mailto等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</p> <p>・計測の原理やプロセス</p> <p>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する(範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない)</p> <p>※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地/覆工の水平打継ぎ目/覆工天端/その他覆工面/内装板/吸音板/天井板/照明/ケーブル類/警報表示板/標識/ジェットファン/その他附属物/はく落防止対策工/漏水対策工/その他補修箇所/排水施設/路肩及び路面/坑門/その他(具体名を記載する) ※複数可能	
	変状の種類	本土工におけるうき/はく離/劣化/巻厚の不足または減少/表面近くの空洞、ならびに附属物本体・取付部材等の緩み/腐食/変形/欠損/がたつき/その他(具体名を記載する) ※複数可能	
	物理原理	磁束密度/電流/音響/電磁波/赤外線/近赤外線/その他(具体名・説明を簡潔に記載する) ※複数可能	
	検出項目	対象物表面の振動/打音の周波数変化/電磁波の反射強度/その他(具体的手法を簡潔に記載する)	

## 2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているのかを記載する。</p> <p>具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <p>・本計測機器は、「打撃を加える打撃部と反響音をとらえる收音装置を組み合わせた計測装置」と、「計測データを保存するデータ収集・記録装置」が移動可能な門型フレーム型の移動足場に組み込まれ、計測装置はフレームをトンネル横断方向に移動可能な形で構成されている。</p>		
移動装置	移動原理	<p>移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。</p> <p>(型式)【人力】/【接触型】/【車両型】/【フレーム型】</p> <p>※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。例示した4型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述すること。</p> <p>【人力】人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。</p> <p>【接触型】車両や何らかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの。</p> <p>【車両型】車両に計測機器を設置し、交通流にそって走行しながら、車道と検査対象箇所との離隔の範囲内でアプローチするもの。</p> <p>【フレーム型】交通流を確保しながら作業できるフレーム型の移動足場に計測機器を装着して、検査対象箇所に接近するもの。</p> <p>(記載例)</p> <p>【フレーム型】</p> <p>・通行車線1車線は確保しながらトンネル縦断方向に移動可能なフレーム型の移動足場に設けたレール機構に、計測機器がトンネル横断方向に移動可能としたもの。</p>	
	外形寸法・重量	<p>計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。</p> <p>一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <p>・一体構造(移動装置+計測装置): 最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)</p>	

# 非破壊検査技術(トンネル) (2/7)

移動装置	搭載可能容量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)、最大重量を記載する。  (記載例) ・最大外形寸法(長さ〇〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	動力	移動装置への動力源(内燃機関式または電気式)を記載する。 内燃機関の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はkVA)を記載する。電気式の場合は電源供給方法(有線またはバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。  (記載例) ・動力源:電気式 ・電源供給方法:バッテリー ・定格容量:〇〇V
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して稼働することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を記載する。  (記載例) ・〇〇分(外気温△△℃の場合)
計測装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。  (記載例) ・トンネル縦断方向に移動可能なフレーム型の移動足場に設けた走行用レール上を、計測機器がトンネル横断方向に移動可能な機構を有する計測装置が装着されたもの。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、計測装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。  (記載例) ・計測装置:最大外形寸法(長さ〇〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、重量(□□kgf)
	センシングデバイス	計測装置に用いるセンシングデバイスを具体的に記載する。 合わせて【接触タイプ】(計測装置を接触させて計測を行うもの)／【非接触タイプ】(計測装置を接触させずに計測を行うもの)のいずれかを記載する。  (記載例) ・打撃装置 自社開発【接触タイプ】 ・收音装置 〇〇社製 型番〇〇 ・カメラ 〇〇社製 型番〇〇
	計測原理	センシングデバイスにより変状をどのように計測するのか、その原理や計測方法を具体的に記載する。その際、計測にあたってキャリブレーションの方法や再現性能についても記載する。  (記載例) ・打撃装置により打撃を行い、反響音を收音装置にて収集する。移動フレームのトンネル縦断方向移動量をタイヤ回転数に算出するとともに、計測装置のフレーム内横断位置をレール移動量にて算出し、トンネル内における計測位置を計測する。移動フレームに別装置として画像撮影装置を設け、覆工展開画像を同時に撮影記録する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	構造物に計測装置を適用するための条件、計測にあたっての留意点等を記載する。  (記載例) ・センサー(ひずみゲージ)貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。 ・コンクリートの計測の場合は、ひずみゲージの倍程度の面積で下地処理やコーティング材(樹脂)の塗布を行う必要がある。 ・母材とひずみゲージの密着性を図るため、薄いが流れたりする湿潤状態ではゲージ貼付作業はできない(測定は雨天や積雪時でも可能)。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	計測原理に照らして誤差を生む要因、計測のために検討すべき対応策等を具体的に記載する。  (記載例) ・ひずみ計測にあたり計測精度向上のため、S/N比の向上に留意する必要がある。適切な測定結果が得られるよう、計測機器の感度(レンジ)やフィルタ機能、A/D変換の分解能、サンプリング周期などを適切に設定する必要がある。 ・温度変化による見かけひずみが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。 ・コンクリートでの計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面密度の不均一などの影響を受けないように対策が必要である。
	計測プロセス	センシングデバイスにより変状を計測するプロセスを具体的に記述する。その際、データの計測、変換(A/D変換)、処理、記録などについてできるだけ詳述するとともに、手動で作業する部分、プログラム等により自動処理を行う部分を区分して記載する。なお、自動処理を行う場合は、そのアルゴリズムを記載する。  (記載例) 【処理フローの記載例】





# 非破壊検査技術(トンネル) (3/7)

計測装置	アウトプット	計測プロセスを経て具体的にアウトプットされるデータの種別、項目、データ形式等を記載する。 (記載例) ・撮影画像上に打音異常の判定レベルを濃淡で表示した画像を重ねて出力する。 ・データ出力形式はJPGである。
	耐久性	計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。 (記載例) ・IP〇△(〇は防塵等級、△は防水等級を記載する)
	動力	計測装置の動力源を記載する。 具体的に、センシングデバイスであるカメラに内蔵されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述すること。 (記載例) ・動力源:電気式 ・電源供給方法:内蔵バッテリー ・定格容量:〇〇V
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。 (記載例) ・〇時間(外気温:▲▲℃、◆分に1回計測の場合)
データ収集・記録装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・トンネル縦断方向に移動可能なフレーム型の移動足場上にデータ収集・記録装置となるPCを搭載
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 (記載例) ・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ〇〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、重量(□□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・計測中は、PCのハードディスクに保存。計測終了後、別記録媒体(CD、DVD等)に出力保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 〇.〇GHz帯 ・通信速度 〇〇Mbps-〇〇〇Mbps ・通信距離 〇m~〇km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(認証方式、暗号化方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式:WPA、WPA2など ・暗号化方式:TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的に、計測装置に内蔵されるバッテリーによるのか、移動装置のバッテリーを併用するのか、別の動力から確保するのかなどを記載する。 (記載例) ・動力源:電気式 ・電源供給方法:内蔵バッテリー ・定格容量:〇〇V
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へデータ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・内蔵するバッテリーからの給電により連続〇時間(気温△℃の場合)使用可能 ・計測機器とは別に電源を確保することで無制限に連続使用が可能



# 非破壊検査技術(トンネル) (4/7)

## 3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	計測のために必要となる最小所要空間寸法を、装置全体外形及び必要離隔を含めた幅、高さの最大寸法(mm)で記載する。 計測可能なトンネルの最小断面寸法(道路幅員、高さ(mm))を記載する。  (記載例) ・最小所要空間寸法 幅○○mm X 高さ○○mm程度(上記装置及び必要離隔を含んだ数値) ・道路幅員○○mm X 高さ○○mm	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。  左記の前提となる条件を記載する。
適用可能なトンネルの最大寸法	計測可能な距離条件(トンネルとの離隔、断面寸法等)を記載する。  (記載例) ・フレームとの離隔が側方○m以下かつ上方○m以下である必要がある。	左記の前提となる条件を記載する。
障害物回避	トンネル内附属物(ジェットファン、照明灯具、看板等)の回避の可否を記載する。  (記載例) ・オペレータの操作により移動装置であるフレームが変形し、トンネル内附属物を回避する。附属物の突出量が壁面から○mm以下の場合には回避可能。	左記の前提となる条件を記載する。

## 4. 計測性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測速度	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>検証の有無の記載 ※</td> <td>有/無</td> </tr> </table> 計測機の計測速度(m <sup>2</sup> /min)を動作条件(計測間隔等)と併せて記載する。  (記載例) ・計測速度: ○m <sup>2</sup> /min(○mm間隔計測)	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。  左記の撮影速度の前提となる条件を記載する。
検証の有無の記載 ※	有/無			
計測精度	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>検証の有無の記載 ※</td> <td>有/無</td> </tr> </table> [1] 劣化、表面近くの空洞 表面近くの空洞(ジャンカ(劣化)を含む)を模擬した打音検査用模擬供試体を用いて、検出可能な変状のサイズを記載する。合わせて、計測対象箇所目地部を含むか否かを記載する。 また、供試体内の空洞箇所に対する検出率、的中率を記載する。  $\text{検出率} = \frac{\text{正解個数のうち技術で検出できた個数}}{\text{打音異常の正解個数}}$ $\text{的中率} = \frac{\text{当該技術で検出した打音異常のうち正解個数}}{\text{技術で検出した個数(誤検出数含む)}}$ (記載例) ・空洞厚10mm、深さ30mmの場合、サイズ30mm X 30mm以上であれば検出可能 ・空洞厚10mm、サイズ10mm X 10mmの場合、深さ10mm以上であれば検出可能 ※計測対象箇所目地部を含む ※全空洞に対する検出率: ○%、検出率: ○%  [2] うき・はく離 トンネル表面に模擬のうき(厚さ: 3mm、5mm/サイズ5cm X 5cm、10cm X 10cm、20cm X 20cm)をモルタル塗りにより設けて、検出可能な変状のサイズを記載する。合わせて、計測対象箇所目地部を含むか否かを記載する。  (記載例) ・厚さ3mmの場合、サイズ10cm X 10cm以上であれば検出可能 ・厚さ5mmの場合、サイズ5cm X 5cm以上であれば検出可能 ※計測対象箇所目地部を含む	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。
検証の有無の記載 ※	有/無			
位置精度	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>検証の有無の記載 ※</td> <td>有/無</td> </tr> </table> 計測結果に示された変状検出位置と、実際の変状位置の差を記載する。  (記載例) ・垂直方向誤差: ○mm、水平方向誤差: ○mm	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の位置精度の前提となる条件を記載する。
検証の有無の記載 ※	有/無			

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

# 非破壊検査技術(トンネル) (5/7)

## 5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	作業範囲	作業範囲等があれば記載する。 (記載例) ・路面より高さ0mm位置の側壁から天端まで。	
	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「注意喚起の看板の設置」等 ・交通規制を行わない場合は「特になし」等	
	無線等使用における混線等対策	混線対策等があれば記載する。 (記載例) 混線対策が必要な場合は、使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	交通規制の要否	交通規制の要否を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「要」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	交通規制の範囲	交通規制が必要な場合、その範囲を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「片側車線」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	現地への運搬方法	現地への運搬方法を記載する。 (記載例) ・「人による運搬」等 ・「車両に搭載して運搬」等 ・「分割して運搬し現地にて組立」等	
	気温条件	気温について適用条件があれば記載する。 (記載例) ・特になし ・気温条件がある場合は「0℃~0℃」等	
	トンネル延長の制約	トンネル延長について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	車線数の制約	車線数について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし ・車線数に制約がある場合は「2車線分の作業範囲を要する」等	
	断面形状の制約	断面形状について制約があれば記載する。 (記載例) ・道路幅員0m以下、高さ0m以下	
その他			

## 5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
	必要操作人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) ・現場責任者0人、点検員0人、点検補助員0人、車両運転員0人、交通誘導員0人、合計0名 等	
	操作に必要な資格等の有無	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) ・社内講習00時間以上 等	
	操作場所	操作場所を記載する。 (記載例) ・車両内 等 ・移動足場等 等	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	日当たり平均点検量を記載する。 (記載例) ・平均点検量: 0m2/日 ・平均作業時間: 0時間/日 等	

# 非破壊検査技術(トンネル) (6/7)

作業条件・運用条件	計測費用	点検費用を記載する。 (記載例) ・年間 ○○円 ・1回計測 ○○円 等	
	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) ・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限 ・加入していない 等	
	時間帯(夜間作業の可否)	夜間作業の可否を記載する。 (記載例) ・特になし(夜間作業は可) 等	
	計測時の走行速度条件	計測時の走行速度条件を記載する。 (記載例) ・特になし 等 ・0km/h以下 等	
	渋滞時の計測可否	渋滞時の計測可否について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	車両から覆工表面までの距離条件	車両から覆工表面までの距離条件を記載する。 (記載例) ・特になし ・距離の条件がある場合は「0m以内」 等	
	トンネル内照明の消灯の必要性	計測時における、トンネル内照明の消灯可否を記載する。 (記載例) ・特になし ・照明消灯の条件がある場合は「消灯の必要あり」 等	
	可搬性(寸法・重量)	可搬性(寸法・重量)について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) ・自動制御がない場合は「無」 ・自動制御がある場合は「有」	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) ・すべて自社機材 ・車両のみ、レンタルで入手 等	
	関係機関への手続きの必要性	関係機関への手続きの可否を記載する。 (記載例) ・必要なし ・交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。 等	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフトの有無等について記載する。 (記載例) ・解析ソフト:自社開発ソフト(〇〇)を使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:〇円 等	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) ・サポート体制がない場合は「無」 ・サポート体制がある場合は「有、条件:〇〇〇〇〇〇」 等	
センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JISOに基づく点検)等について記載する。		
その他			

6. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■計測・モニタリング技術（橋梁）

# 計測・モニタリング技術(橋梁) (1/8)

## 1. 基本事項

技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載 (mailto:等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</p> <p>・計測の原理やプロセス</p> <p>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する (範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない)</p> <p>※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版等)/下部構造(橋脚、橋台等)/支承部/路上/その他(具体名を記載する) ※複数可能 (定期点検要領に記載されている部位名を正確に記載する) ※新設あるいは補修後にしか使用出来ない場合など使用場面が限定される場合はその旨記載する。	
	検出原理	光/静止画・動画/加速度/圧力/超音波/電圧/レーザー/その他(具体名・説明を簡潔に記載する) ※複数可能	
	検出項目	2点間のひずみ(伸縮量)/変位量/張力/反力/振動数/鋼材の電位変化量/水底地形3次元座標/その他(具体名を記載する) ※複数可能	

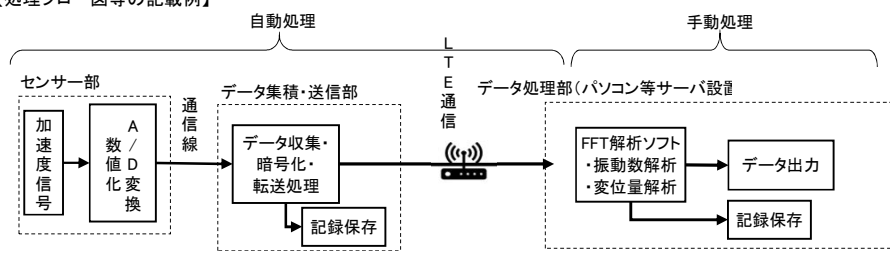
## 2. 基本諸元

計測機器の構成	計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているのかを記載する。 具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。 (記載例) ・本計測機器は移動装置と計測装置が一体構造であり、橋脚に固定し計測を行うものである。また、計測したデータは有線で別途、梁部上面に固定したデータ収集・通信装置によって保存される。保存されたデータはLTEで、サーバーに転送される。		
移動装置	移動原理	移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。 (型式)【据置】/【人力】/【飛行型】/【アーム型】/【懸架型】/【接触型】 ※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。 例示した6型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述する。 【据置】 計測装置を一定箇所に据え置いて(固定して)計測するもの。 【人力】 人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。 【飛行型】 自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。 【アーム型】 静止した本体から、ブーム・アーム等の稼働機構で計測対象場所にアプローチするもの。移動範囲は稼働機構の物理的制約(伸長最大長や形状と、構造物との干渉状況に制限される。) 【懸架型】 固定されたレールやロープ上を移動する機構で計測対象場所にアプローチするもの。移動範囲は、レール、ロープ上に限られる。 【接触型】 車両やなんらかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で計測対象場所にアプローチするもの (記載例) 【据置型】 ・本計測機器は移動装置と計測装置が一体構造であり、橋脚に固定し計測を行うものである。	

計測・モニタリング技術(橋梁) (2/8)

運動制御機構	通信	飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、有線か無線かの別を記載する。無線であれば、周波数帯(Hz)と出力(W)を記載する。 (記載例) 周波数: ○.○GHz帯, 出力: △W
	測位	飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、運動制御に利用している測位機構を記載する。 (記載例) ・GPS ・RTK-GNSS
	自律機能	飛行型、懸架型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、測位結果等を運動制御にフィードバックする機構の有無及び機構を有する場合は入力ソース(測位結果、画像等)を記載する。 (記載例) ・自律機能有、制御機構への入力はGPS-GNSS
	衝突回避機能(飛行型のみ)	飛行型の場合、最小侵入可能寸法を保証する衝突回避機構について具体的に記載する。 (記載例) ・安全ロープの装着 ・プロペラガード(水平)
移動装置	外形寸法・重量	計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・一体構造(移動装置+計測装置): 最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	搭載可能容量(分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)、最大重量を記載する。 (記載例) ・最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	動力	移動装置への動力源(内燃機関式又は電気式)を記載する。 内燃機関の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はmAh)を記載する。電気式の場合は電源供給方法(有線又はバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。 (記載例) ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリー ・定格容量: ○. ○V、▽▽▽mA
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して稼働することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を併せて記載する。 (記載例) ・〇分(外気温: ▲▲℃の場合)
	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・移動装置の上部に計測装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。
計測装置	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、計測装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・計測装置: 最大外形寸法(長さ○〇mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	センシングデバイス	計測装置に用いるセンシングデバイスを具体的に記載する。 (記載例) ・ひずみゲージ ◇◇社製 □□型番 単軸 ・3軸加速度センサ ○○社製 △△型版
	計測原理	センシングデバイスにより何をどのように計測するのか、その原理や計測方法を具体的に記載する。その際、計測にあたってキャリブレーションの方法や再現性能についても記載する。 (記載例) ・橋脚に三軸加速度センサを設置し、振動データを計測する。計測した振動データから固有値解析を行い、土被り量の変化と固有値振動数の関係について把握する。

計測・モニタリング技術(橋梁) (3/8)

<p>計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)</p>	<p>構造物に計測装置を適用するための条件、計測にあたっての留意点等を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサー(ひずみゲージ)貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。</li> <li>・鋼材のひずみゲージ貼付箇所は塗装などを剥がして鋼材素地を露出する必要がある。また、コンクリートの計測の場合は、ひずみゲージの倍程度の面積で下地処理やコーティング材(樹脂)の塗布を行う必要がある。</li> <li>・母材とひずみゲージの密着性を図るため、雨水が流れたりする湿潤状態ではゲージ貼付作業はできない(測定は雨天や積雪時でも可能)。</li> </ul>
<p>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</p>	<p>計測原理に照らして誤差を生む要因、計測のために検討すべき対応策等を具体的に記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ計測にあたり計測精度向上のため、S/N比の向上に留意する必要がある。適切な測定結果が得られるよう、計測機器の感度(レンジ)やフィルタ機能、A/D変換の分解能、サンプリング周期などを適切に設定する必要がある。</li> <li>・温度変化による見かけひずみが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。</li> <li>・コンクリートでの計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面密度の不均一などの影響を受けないように対策が必要である。</li> </ul>
<p>計測プロセス</p>	<p>センシングデバイスにより変状を計測するプロセスを具体的に記述する。その際、データの計測、変換(A/D変換)、処理、記録などについてできるだけ詳述するとともに、手動で作業する部分、プログラム等により自動処理を行う部分を区分して記載すること。なお、自動処理を行う場合は、そのアルゴリズムを記載する。また、センシングデバイスの設置場所、計測時の位置関係がわかるように「6. 図面」に詳述する。</p> <p>(記載例)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①橋脚に設置した加速度センサにより加速度の時刻歴および周波数スペクトルを計測する。加速度センサの設置場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。</li> <li>②橋脚の振動モデルによる固有値解析(FFT解析)を行い、土被り量の変化と固有振動数の関係を把握する。</li> <li>③基礎の安定計算を行い、安定計算上限界となる土被り量を算定して限界状態時の固有振動数(閾値)を算出する。</li> <li>④橋脚の振動を常時モニタリングし、計測されたデータから振動数を算出、固有振動数(閾値)との比較を行うことで、洗掘の進行状況を把握する。</li> </ol> <p>【処理フロー図等の記載例】</p> 
<p>アウトプット</p>	<p>計測プロセスを経て具体的にアウトプットされるデータの種別、項目、データ形式等を記載する。また、計測データが当初の目的に応じて取得できているか否かを現地で確認可能な機能があれば具体的に記載するとともに、アウトプットを得るまでに要する時間(目安)を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測される加速度の時刻歴及び周波数スペクトルのデータはcsvファイルにて保存される。保存されたデータはサーバに転送され、FFT解析を行い基礎の安定性を満足する固有振動数の閾値をアウトプットする。</li> <li>・現地計測に要する時間は、計測準備に〇分、計測に〇分、データ確認に〇分、機器の撤去に〇分程度を要する。</li> </ul>
<p>計測頻度</p>	<p>計測データを得るための最小計測回数を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・〇時間に△回</li> </ul>
<p>耐久性</p>	<p>計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・IP〇△(〇は防塵等級、△は防水等級を記載する)</li> </ul>
<p>動力</p>	<p>計測装置の動力源を記載する。</p> <p>具体的に、計測装置に搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)</li> </ul>
<p>連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</p>	<p>計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・〇時間(外気温: ▲▲℃、◆分に1回計測の場合)</li> </ul>



計測・モニタリング技術(橋梁) (4/8)

データ収集・通信装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・計測装置に有線で接続し、梁部上面にデータ収集・通信装置を固定する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ○0mm×幅△△mm×高さ◎◎mm)、最大重量(□□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・記録メディア(SDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット(VPN)経由で地上の受信側PCに伝送しハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 ○.○GHz帯 ・通信速度 ○○Mbps-○○○Mbps ・通信距離 ○m~○km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(通信規格、暗号化方式、認証方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式:WPA、WPA2など ・暗号化方式:TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的にはデータ収集・通信装置に内蔵されるバッテリーによるのか、移動装置のバッテリーを併用するのか、別の動力から確保するのかなどを記載する。 (記載例) ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続○時間(気温△℃の場合)使用可能

計測・モニタリング技術(橋梁) (5/8)

3. 運動性能			
項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の安定性能の前提となる条件を記載する。
狭小進入可能性	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の性能の前提となる条件を記載する。
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の性能の前提となる条件を記載する。
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の運動位置精度の前提となる条件を記載する。

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

計測・モニタリング技術(橋梁) (6/8)

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の計測レンジの前提となる条件を記載する。	
	校正方法	センシングデバイスの校正方法を記載する。 (記載例)JIS〇〇に基づき校正を実施		左記の校正方法の前提となる条件を記載する。	
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出率計測時の条件及びその性能が発揮されるための現場条件等を具体的に記載する。
		検出感度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出感度の前提となる条件を記載する。
	S/N比	検証の有無の記載 ※	有/無	左記のS/N比の前提となる条件を記載する。	
	分解能	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の分解能の前提となる条件を記載する。	
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。	

各々の検出項目に応じた計測精度を記載する。その際、精度の考え方、その算出方法をあわせて記載する。

(記載例①:センサーの例)  
・フルスケールの●%(x方向のみ、yz方向は検出不可)

(記載例②:変位・ひずみ・たわみ等の例)  
変位等の相対差で記載する  
・検証側技術(例:非接触レーザー距離計)による計測値との相対差  
・加重状態(荷重車走行による など)

変位の相対差 橋軸方向: X.X mm ( x.x %)  
鉛直方向: Y.Y mm ( y.y % ) など

変位の相対差 算出方法:

$$X(\text{mm}) = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_l^2}{n}}$$

$$x(\%) = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_l^2}{n}} \div \left(\frac{|A+B+I|}{n}\right) \times 100$$

δa=検証側技術による測定値 (1回値) -当該技術による測定値 (1回値)  
δb=検証側技術による測定値 (2回値) -当該技術による測定値 (2回値)  
δl=検証側技術による測定値 (n回値) -当該技術による測定値 (n回値)  
A=検証側技術による測定値 (1回値)  
B=検証側技術による測定値 (2回値)  
I=検証側技術による測定値 (n回値)

計測・モニタリング技術(橋梁) (7/8)

計測装置	計測精度	<p>(記載例③:加速度等の例)                  加速度から振動数(変位量を含む)を導出する技術                  (導出値の相対差で記載する)                  ・検証技術(記載例:3軸加速度計 など)による計測値から導出した値(例:FFT解析値)との相対差                  ・加重状態(記載例:荷重車走行による など)</p> <p>鉛直方向:固有振動数(1次)の相対差 X.X Hz ( x.x %)</p> <p>固有振動数(1次)の相対差 算出方法:</p> $X(\text{Hz}) = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_l^2}{n}}$ $x(\%) = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_l^2}{n}} + \left(\frac{F_A + F_B + F_L}{n}\right) \times 100$ <p><small>δa=検証技術によるFFT解析値(1回値) - 当該技術によるFFT解析値(1回値)                  δb=検証技術によるFFT解析値(2回値) - 当該技術によるFFT解析値(2回値)                  δl=検証技術によるFFT解析値(n回値) - 当該技術によるFFT解析値(n回値)                  FA=検証技術によるFFT解析値(1回値)                  FB=検証技術によるFFT解析値(2回値)                  FL=検証技術によるFFT解析値(n回値)</small></p>		
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有/無	
	色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有/無	
当該技術で把握させたい損傷と構造物の色に近いものを含んだ適切なカラーチャートが識別可能な環境照度(単位:ルクス)を示す。なお、一つの画像で日影と日なたのように著しい輝度比がある場合でもその状況下でも識別できる照度の範囲として記載する。				

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	道路幅員条件等があれば記載する。 (記載例) 幅員〇〇m以内 歩道〇〇m以上必要 等	
	桁下条件	桁下条件等があれば記載する。 (記載例) 桁高〇〇m未満 桁下は人が進入できる箇所 等	
	周辺条件	周辺条件等があれば記載する。 (記載例) 民家等の建物や電線がある場合は不可 電波塔などがある場合は不可 等	
	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) 計測中は注意喚起の看板の設置 等	
	無線等使用における混線等対策	混戦対策等があれば記載する。 (記載例) 使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	道路規制条件	道路の規制条件等があれば記載する。 (記載例) 装置の設置・撤去時は交通規制の必要がある 等	
	その他		

## 計測・モニタリング技術(橋梁) (8/8)

### 5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。 (別途オペレータの付けることも可能な場合は記載)	
必要構成人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) 現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	
操作場所	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) 社内講習○○時間以上 など	
計測費用	計測費用を記載する。(レンタル、購入の別を記載) (記載例) 年間 ○○円、1回計測 ○○円 別途オペレータ:○○円 等	
保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) 保険には加入していない	
自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) 自律制御有	
利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) 購入品のみ(別途オペレータ付き可)	
不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) サポート制あり	
センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JIS〇に基づく点検)等について記載する。	
その他		

作業条件・運用条件

### 6. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■計測・モニタリング技術（トンネル）

# 計測・モニタリング技術(トンネル) (1/8)

## 1. 基本事項

技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載(mailto等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>・当該技術の特徴 (計測機器の構成、計測対象となる部位、検出する変状や項目、新設時や状態把握、監視、補修後の確認といった計測のタイミングを記載する)</p> <p>・計測の原理やプロセス</p> <p>・計測結果の活用 (本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する)</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する(範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない)</p> <p>※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地/覆工の水平打継ぎ目/覆工天端/その他覆工面/内装板/吸音板/天井板/照明/ケーブル類/警報表示板/標識/ジェットファン/その他附属物/はく落防止対策工/漏水対策工/その他補修箇所/排水施設/路肩及び路面/坑門/その他(具体名を記載する) (定期点検要領に記載されている部位名を正確に記載する) ※複数可能	
	検出原理	光/静止画・動画/加速度/超音波/レーザー/その他(具体名・説明を簡潔に記載する) ※複数可能	
	検出項目	2点間のひずみ/変位量/付属物等の振動数/構造物3次元座標/その他(具体名を記載する) ※複数可能	

## 2. 基本諸元

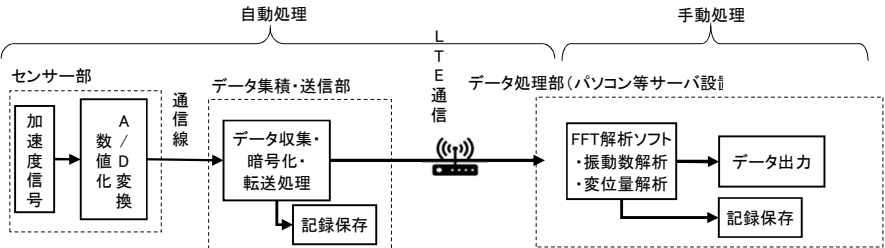
計測機器の構成	<p><b>【計測装置の構成】</b> 計測機器を構成する主要な装置(移動装置、計測装置、データ収集・通信装置)がどのような装置で、どのような全体構成となっているのかを記載する。具体的には、一体的な構造(一体構造)なのか、移動装置に対して計測装置やデータ収集・通信装置を任意に付け替えが可能な構造(分離構造)なのかなど、当該技術の計測機器の全体構成を俯瞰的に把握できるように構成概要を記載する。</p> <p>(記載例) 本計測機器は、「レーザー照射角度を10度刻みに設定した機器を内蔵した計測装置」と「各機器のデータを保存するハードディスクと処理装置を組み合わせた記録装置」を「移動車両」に一体化させたものである。</p>		
移動装置	移動原理	<p>移動装置がどのような機構のものか、次に示す型式から1つを選択して記載するとともに、その原理を簡潔に記載する。 (型式)【据置】/【人力】/【接触型】/【車両型】/【フレーム型】</p> <p>※各形式が何を対象とするのかは以下を参考とすること。例示した5型式に該当しない場合は、移動原理が分かるように詳述すること。</p> <p>【据置】 計測装置を一定箇所に据え置いて(固定して)計測するもの。 【人力】 人が計測装置を持ち運びながら計測を行うもの。 【接触型】 車両やなんらかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの。 【車両型】 車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの。 【フレーム型】 交通流を確保しながら作業できるフレーム型の移動足場にセンシング機器を装着して、撮影対象箇所に接近するもの。</p> <p>(記載例) 【車両型】 ・内燃機関を搭載した車両にて移動する。</p>	

計測・モニタリング技術(トンネル) (2/8)

移動装置	通信	人力型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、有線か無線かの別を記載する。無線であれば、周波数帯(Hz)と出力(W)を記載する。 (記載例) 周波数: ○.○GHz帯, 出力: △W
	測位	人力型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、運動制御に利用している測位機構を記載する。衛星測位であれば、RTK-GNSS等の測位方式、センサー利用であれば、レーザー、写真等の機構を記載する。 (記載例) ・GPS ・RTK-GNSS
	自律機能	人力型、接触型など、人が装置を操縦あるいは装置が自律的に動いて計測を行う場合、測位結果等を運動制御にフィードバックする機構の有無及び機構を有する場合は入力ソース(測位結果、画像等)を記載する。 (記載例) ・自律機能有、制御機構への入力: GPS-GNSS
	外形寸法・重量	計測機器が一体構造の場合は、移動装置、計測装置、データ収集・通信装置を含めた全体の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。一方、計測機器が分離構造の場合は、移動装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・一体構造(移動装置+計測装置): 最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合、移動装置に搭載可能な計測装置、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)、最大重量を記載する。 (記載例) ・最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	動力	移動装置への動力源(内燃機関式又は電気式)を記載する。内燃機関の場合は燃料の種類(ガソリン、ディーゼル、灯油など)と定格出力(W又はmAh)を記載する。電気式の場合は電源供給方法(有線又はバッテリー)と定格容量(電圧、電流)を記載する。 (記載例) ・動力源: 電気式 ・電源供給容量: バッテリー ・定格容量: ○.○V、▽▽mA
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	作業の連続性を把握するため、移動装置が連続して稼働することが可能な時間を記載する。なお、連続稼働時間の条件(気温等)を併せて記載する。 (記載例) ・○分(外気温: ▲▲°Cの場合)	
計測装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。分離構造の場合は、移動装置に対してどのように計測装置を固定するのか、移動装置に対して計測装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・移動装置の上部に計測装置をボルト・ナットにより取付を行う。その際、ボルト位置の調整が可能な専用のアタッチメント(5cm×10cm鉄板)が必要である。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、計測装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・計測装置: 最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	センシングデバイス	計測装置に用いるセンシングデバイスを具体的に記載する。 (記載例) ・ひずみゲージ ◇◇社製 □□型番 単軸 ・3軸加速度センサ ○○社製 △△型版
	計測原理	センシングデバイスにより何をどのように計測するのか、その原理や計測方法を具体的に記載する。その際、計測にあたってキャリブレーションの方法や再現性能についても記載する。 (記載例) ・トンネル付属物に三軸加速度センサを設置し、振動データを計測する。計測した振動データから固有値解析を行い、付属物の剛性変化と固有値振動数の関係について把握する。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	構造物に計測装置を適用するための条件、計測にあたっての留意点等を記載する。 (記載例) ・センサー(ひずみゲージ)貼付けのために計測部位に近接できる必要がある。また、計測部位から計測装置(測定器)までケーブルを配線する必要がある。 ・ひずみゲージ貼付箇所は貼り付ける素材の素地を露出させる必要がある。また、コンクリートの計測の場合は、ひずみゲージの倍程度の面積で下地処理やコーティング材(樹脂)の塗布を行う必要がある。 ・母材とひずみゲージの密着性を図るため、雨水が流れたりする湿潤状態ではゲージ貼付作業はできない(測定は雨天や積雪時でも可能)。



計測・モニタリング技術(トンネル) (3/8)

<p>計測装置</p>	<p>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</p>	<p>計測原理に照らして誤差を生む要因、計測のために検討すべき対応策等を具体的に記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ計測にあたり計測精度向上のため、S/N比の向上に留意する必要がある。適切な測定結果が得られるよう、計測機器の感度(レンジ)やフィルタ機能、A/D変換の分解能、サンプリング周期などを適切に設定する必要がある。</li> <li>・温度変化による見かけひずみが生じるため、計測データの温度ドリフトに留意が必要である。</li> <li>・コンクリートでの計測にあたっては、不均質な材料の特性や表面密度の不均一などの影響を受けないように対策が必要である。</li> </ul>
<p>計測装置</p>	<p>計測プロセス</p>	<p>センシングデバイスにより変状を計測するプロセスを具体的に記述する。その際、データの計測、変換(A/D変換)、処理、記録などについてできるだけ詳述するとともに、手動で作業する部分、プログラム等により自動処理を行う部分を区分して記載すること。なお、自動処理を行う場合は、そのアルゴリズムを記載する。また、センシングデバイスの設置場所、計測時の位置関係がわかるように「6. 図面」に詳述する。</p> <p>(記載例)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①トンネル付属物に設置した加速度センサにより加速度の時刻歴および周波数スペクトルを計測する。加速度センサの設置場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。</li> <li>②付属物の振動モデルによる固有値解析(FFT解析)を行い、付属物の剛性変化と固有振動数の関係を把握する。</li> <li>③付属物の安定計算上限界となるしきい値を算定して限界状態時の固有振動数を算出する。</li> <li>④付属物の振動を常時モニタリングし、計測されたデータから振動数を算出、固有振動数(閾値)との比較を行うことで、剛性変化の進行状況を把握する。</li> </ol> <p>【処理フロー図等の記載例】</p> 
<p>計測装置</p>	<p>アウトプット</p>	<p>計測プロセスを経て具体的にアウトプットされるデータの種別、項目、データ形式等を記載する。また、計測データが当初の目的に応じて取得できているか否かを現地で確認可能な機能があれば具体的に記載するとともに、アウトプットを得るまでに要する時間(目安)を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測される加速度の時刻歴及び周波数スペクトルのデータはcsvファイルにて保存される。保存されたデータはサーバに転送され、FFT解析を行い基礎の安定性を満足する固有振動数の閾値をアウトプットする。</li> <li>・現地計測に要する時間は、計測準備に〇分、計測に〇分、データ確認に〇分、機器の撤去に〇分程度を要する。</li> </ul>
<p>計測装置</p>	<p>計測頻度</p>	<p>計測データを得るための最小計測回数を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・〇時間に△回</li> </ul>
<p>計測装置</p>	<p>耐久性</p>	<p>計測機器の防水・防塵性能について、IPコード(電気機器器具の外郭による保護等級 JIS C 0920)を記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・IP〇△(〇は防塵等級、△は防水等級を記載する)</li> </ul>
<p>計測装置</p>	<p>動力</p>	<p>計測装置の動力源を記載する。</p> <p>具体的に、計測装置に搭載されるバッテリー、移動装置からの電源供給、又は別の動力源からの供給かを詳述する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)</li> </ul>
<p>計測装置</p>	<p>連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)</p>	<p>計測の連続性を把握するため、計測装置が連続して稼働(計測)することが可能な時間を記載する。なお、連続計測の時間の条件(気温、撮影頻度等)をあわせて記載する。</p> <p>(記載例)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・〇時間(外気温: ▲▲℃、◆分に1回計測の場合)</li> </ul>

## 計測・モニタリング技術(トンネル) (4/8)

データ収集・通信装置	設置方法	計測機器が一体構造の場合は、「移動装置と一体的な構造」と記載する。 分離構造の場合は、移動装置に対してどのようにデータ収集・通信装置を固定するのか、移動装置に対してデータ収集・通信装置を上部に装着させるか、下部に装着させるか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・計測装置に有線で接続し、附属物上面にデータ収集・通信装置を固定する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器が分離構造の場合は、データ収集・通信装置の最大外形寸法(長さ×幅×高さ)・最大重量を記載する。 (記載例) ・データ収集・通信装置:最大外形寸法(長さ○mm×幅△mm×高さ◎mm)、最大重量(□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・記録メディア(SDカード)に保存 ・計測機器のデータ収集・通信装置から計測したデータをインターネット(VPN)経由で地上の受信側PCに伝送しハードディスクに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 ○GHz帯 ・通信速度 ○Mbps~○○Mbps ・通信距離 ○m~○km
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(通信規格、暗号化方式、認証方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式:WPA、WPA2など ・暗号化方式:TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的にはデータ収集・通信装置に内蔵されるバッテリーによるのか、移動装置のバッテリーを併用するのか、別の動力から確保するのかなどを記載する。 (記載例) ・移動装置のバッテリーより供給(Type-CのUSBケーブル接続)
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データを収集し、別の場所へ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・移動装置に搭載するバッテリーからの給電により連続○時間(気温△℃の場合)使用可能

### 3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	計測のために必要となる最小所要空間寸法を、装置全体外形及び必要離隔を含めた幅、高さの最大寸法(mm)で記載する。 計測可能なトンネルの最小寸法を道路幅員、高さ(mm)で記載する。 (記載例) ・最小所要空間寸法 幅○mm × 高さ○mm程度(上記装置及び必要離隔を含んだ数値) ・道路幅員○mm × 高さ○mm	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の前提となる条件を記載する。
適用可能なトンネルの最大寸法	計測可能な距離条件(トンネルとの離隔、断面寸法等)を記載する。 (記載例) ・車両との離隔が側方○m以上または上方○m以上となる場合は不可。	左記の前提となる条件を記載する。
障害物回避	トンネル内附属物(ジェットファン、照明灯具、看板等)の回避の可否を記載する。 (記載例) ・オペレータの操作により移動装置であるフレームが変形し、トンネル内附属物を回避する。附属物の突出量が壁面から○mm以下の場合には回避可能。	左記の前提となる条件を記載する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	有/無	※本項目には、計測機器の性能(精度・信頼性)が発揮されるための現場条件や環境条件を具体的に記載する(以下同様)。 左記の計測レンジの前提となる条件を記載する。	
		計測可能なレンジを記載する。 (記載例) ■ $\mu\epsilon$ ±● $\mu\epsilon$ (F.S.=▲ $\mu\epsilon$ ) など			
	校正方法	センシングデバイスの校正方法を記載する。 (記載例) JIS〇〇に基づき校正を実施		左記の校正方法の前提となる条件を記載する。	
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出率計測時の条件及びその性能が発揮されるための現場条件等を具体的に記載する。
		センシングデバイスにより計測項目(加速度、超音波等)を検出できるか否か、その性能を記載する。 (記載例) 検出率〇%			
	検出感度	検証の有無の記載 ※	有/無	左記の検出感度の前提となる条件を記載する。	
	S/N比		検証の有無の記載 ※	有/無	左記のS/N比の前提となる条件を記載する。
	分解能		検証の有無の記載 ※	有/無	左記の分解能の前提となる条件を記載する。
	計測精度		検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。
	計測速度 (移動しながら計測する場合)		検証の有無の記載 ※	有/無	左記の計測精度の前提となる条件を記載する。
位置精度 (移動しながら計測する場合)		検証の有無の記載 ※	有/無	左記の位置精度の前提となる条件を記載する。	
色識別性能 (画像等から計測する場合)		検証の有無の記載 ※	有/無	左記の色識別性能の前提となる条件を記載する。	

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

計測・モニタリング技術(トンネル) (6/8)

5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	作業範囲	作業範囲等があれば記載する。 (記載例) ・路面より高さ0mm位置の側壁から天端まで。	
	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「注意喚起の看板の設置」等 ・交通規制を行わない場合は「特になし」等	
	無線等使用における混線等対策	混線対策等があれば記載する。 (記載例) 混線対策が必要な場合は、使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	交通規制の要否	交通規制の要否を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「要」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	交通規制の範囲	交通規制が必要な場合、その範囲を記載する。 (記載例) ・交通規制を行う場合は「片側車線」 ・交通規制を行わない場合は「不要」	
	現地への運搬方法	現地への運搬方法を記載する。 (記載例) ・「人による運搬」等 ・「車両に搭載して運搬」等 ・「分割して運搬し現地に組立」等	
	気温条件	気温について適用条件があれば記載する。 (記載例) ・特になし ・気温条件がある場合は「〇℃～〇℃」等	
	トンネル延長の制約	トンネル延長について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	車線数の制約	車線数について制約があれば記載する。 (記載例) ・特になし ・車線数に制約がある場合は「1車線分の作業範囲を要する」等	
	断面形状の制約	断面形状について制約があれば記載する。 (記載例) ・道路幅員0m以下、高さ0m以下	
その他			

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
	必要操作人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) ・現場責任者〇人、点検員〇人、点検補助員〇人、車両運転員〇人、交通誘導員〇人、合計〇名 等	
	操作に必要な資格等の有無	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) ・社内講習〇〇時間以上 等	
	操作場所	操作場所を記載する。 (記載例) ・車両内 等 ・移動足場上等	
	計測費用	計測費用を記載する。 (記載例) ・年間 〇〇円 ・0回計測 〇〇円 等	

計測・モニタリング技術(トンネル) (7/8)

作業条件・運用条件	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第2者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) ・加入済み、保証範囲:人+自転車+車、保証金額:無制限 ・加入していない 等	
	時間帯(夜間作業の可否)	夜間作業の可否を記載する。 (記載例) ・特になし(夜間作業は可) 等	
	計測時の走行速度条件	計測時の走行速度条件を記載する。 (記載例) ・特になし 等 ・〇km/h以下 等	
	渋滞時の計測可否	渋滞時の計測可否について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	車両から対象部位までの距離条件	車両から対象部位までの距離条件を記載する。 (記載例) ・特になし ・距離の条件がある場合は「〇m以内」 等	
	トンネル内照明の消灯の必要性	計測時における、トンネル内照明の消灯可否を記載する。 (記載例) ・特になし ・照明消灯の条件がある場合は「消灯の必要あり」 等	
	可搬性(寸法・重量)	可搬性(寸法・重量)について記載する。 (記載例) ・特になし 等	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) ・自動制御がない場合は「無」 ・自動制御がある場合は「有」	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するの可否を記載する。 (記載例) ・すべて自社機材 ・車両のみ、レンタルで入手 等	
	関係機関への手続きの必要性	関係機関への手続きの可否を記載する。 (記載例) ・必要なし ・交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。 等	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフトの有無等について記載する。 (記載例) ・解析ソフト:自社開発ソフト(〇〇)を使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:〇円 等	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) ・サポート体制がない場合は「無」 ・サポート体制がある場合は「有、条件:〇〇〇〇〇〇」 等	
	センシングデバイスの点検	適切に計測が可能となるよう、センシングデバイスに点検が求められる場合は、その頻度や点検方法(JIS〇に基づく点検)等について記載する。	
その他			

## 6. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

# 性能カタログ

## ■データ収集・通信技術

# データ収集・通信技術(共通) (1/3)

## 1. 基本事項

技術番号	(指定された番号)		
技術名	自由記載 (技術の内容が簡潔に理解できる名称とする。サブタイトルは付けない。全角30文字以内が望ましい。)		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載する	作成: 年 月 (西暦で記載)	
開発者	会社名(必要な場合は部署名まで、個人名は記載しない) 共同開発者の場合は、開発者名の間に「/」を入れる。		
連絡先等	TEL:	E-mail: 文字情報を記載(mailto:等のリンクは削除する)	担当部署・担当者
現有台数・基地	現有台数を記載する (即稼働可能な数)	基地	基地の所在地を記載する(市区町村まで)
技術概要	<p>当該技術の特徴やデータ収集・通信のプロセスなど、本カタログに記載した内容を包括し、技術の全体像を俯瞰的に捉えることができるように技術概要を記載する。例えば、以下の事項を記載するとよい。</p> <p>①装置の構成 データ収集/データ記録保存/データ通信/その他(具体名を記載する)</p> <p>②上記装置毎の技術的特徴 ソフトウェア/ストレージ/通信方法/その他(具体的に記載する)</p> <p>③当該装置が他の汎用装置に比べて優れている点など、装置を使用することによるメリット等を簡潔に記載する</p> <p>※①当該技術で出来る範囲内のみを記載する。(範囲外・予測・期待・憶測等は記載しない) ※②当該技術の性能を記載し、取り扱いの詳細については「技術マニュアル」へ記載する</p>		

## 2. 基本諸元

データ収集・通信装置	設置方法	どこにデータ収集・通信装置を固定するのか、装着に必要なアタッチメントの有無など、その方法を具体的に記載する。 (記載例) ・梁部上面にデータ収集・通信装置をボルトで固定する。
	外形寸法・重量	データ収集・通信装置の外形寸法(長さ×幅×高さ)・重量を記載する。 (記載例) ・装置寸法(長さ〇〇mm×幅△mm×高さ◎mm) ・重量(□□kgf)
	データ収集・記録機能	計測装置で計測したデータをどのように保存するのか、例えば、計測装置の記録メディアに保存するのか、計測機器とは別の場所にデータを伝送して保存するのかなど、具体的に記載する。 (記載例) ・記録メディア(SDカード)に保存 ・計測したデータをインターネット(VPN)経由で地上の受信側PCIに伝送しハードディスクに保存
	装置の適用条件	データ収集及びデータ伝送を行うにあたって、技術を適用するための条件、留意点等を具体的に記載する。 (記載例) ・本技術と接続できるセンサはひずみセンサ、ひずみ式変換機である。 ・計測器1台に接続できるセンサは、ひずみセンサは4つまで、ひずみ式変換機は2つまで。 ・無線通信を用いてインターネット経由にてデータ伝送することから、電波状況によってはデータの欠損やデータ取得できない場合がある。
	通信規格	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に伝送して保存する場合の通信規格、データ伝送が可能な伝送距離を具体的に記載する。 (記載例) ・通信方法 有線・無線、LTE、WiFiなど ・通信規格 〇.〇GHz帯 ・通信速度 〇〇Mbps-〇〇〇Mbps ・通信距離 〇m~〇km
	セキュリティ	計測装置で計測したデータを計測機器から別の場所に無線により伝送して保存する場合のセキュリティ対策(認証方式、暗号化方式)を記載する。 (記載例) ・認証方式: WPA、WPA2など ・暗号化方式: TKIP、AESなど
	動力	データ収集・通信装置の動力源を記載する。具体的に、計測装置に内蔵されるバッテリーによるのか、移動装置のバッテリーを併用するのか、別の動力から確保するのかなどを記載する。 (記載例) ・移動装置に内蔵されているバッテリー(〇〇〇mAh)を使用する。その際、両端子がType-CのUSBケーブルを用いて接続する。
	データ収集・通信可能時間	データを収集し、別の場所へデータ伝送する機能を連続して使用可能な最大時間を記載する。 (記載例) ・内蔵するバッテリーからの給電により連続〇時間(気温△°Cの場合)使用可能 ・データ伝送頻度によりバッテリーの持ちが変わってくる(4回/日では約5年、24回/日では1年相当)。



## データ収集・通信技術(共通) (2/3)

### 3. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時現場条件	周辺条件	周辺条件等があれば記載する。 (記載例) 民家等の建物や電線がある場合は不可 電波塔などがある場合は不可 等	
	安全面への配慮	安全対策等があれば記載する。 (記載例) 計測中は注意喚起の看板の設置 等	
	無線等使用における混線等対策	混戦対策等があれば記載する。 (記載例) 使用する周波数を変動させながら使用している 等	
	道路規制条件	道路の規制条件等があれば記載する。 (記載例) 装置の設置・撤去時は交通規制の必要がある 等	
	その他		

### 3. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	センシングデバイスにより計測を行うために技術者に求められる技量(資格保有、講習会・研修の修了等)を記載する。	
	必要構成人員数	必要構成人員数を記載する。 (記載例) 現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	
	操作場所	操作に必要な資格等を記載する。 (記載例) 社内講習〇〇時間以上 など	
	データ収集・転送費用	点検費用を記載する。 (記載例) 年間 〇〇円 1回計測 〇〇円 等	
	保険の有無、保障範囲、費用	計測時装置の故障などにより第三者などに被害が生じた場合の保険に関して記載する。 (記載例) 保険には加入していない	
	自動制御の有無	装置の自動制御の有無を記載する。 (記載例) 自律制御有	
	利用形態:リース等の入手性	購入品あるいはレンタルで装置を入手するのかを記載する。 (記載例) 購入品のみ	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応について記載する。 (記載例) サポート制あり	
その他			

#### 4. 図面

※外形寸法や、計測機器の構成及び全体像が把握できるような図面を記載する。

- ・カタログ記載事項を説明するために必要な最低限の図・写真・表等を記載する。
- ・技術を使用して測定する状態が視覚的にわかるようにする。
- ・計測精度等の説明など、補助的な事項は確認シートに記載すること。
- ・技術を説明した他の文献の抜粋等は、カタログ記載事項を説明するためにやむを得ない場合のみに限定する。  
(記載したい場合は、開発者が準備する技術マニュアルへ記載すること。)

## 第2章 性能カタログ

### ■画像計測技術

- ・橋梁
- ・トンネル

### ■非破壊検査技術

- ・橋梁
- ・トンネル

### ■計測・モニタリング技術

- ・橋梁
- ・トンネル

### ■データ収集・通信技術

# 性能カタログ目次 (案)

## ◇画像計測技術 (橋梁) 【 24 技術】

分類	検出項目	技術名	技術番号	頁
画像計測技術	腐食・斜材の変状	コロコロチェッカー	BR010001-V0020	2-7
		超望遠レンズによる高層建造物の外観検査技術	BR010002-V0020	2-15
	ひびわれ	構造物点検調査ヘリシステム (SCIMUS:スキームス)	BR010003-V0020	2-22
		主桁フランジ把持式点検装置 (Turrets タレット)	BR010004-V0020	2-29
		可視画像を用いた AI によるひび割れ自動検出技術	BR010005-V0020	2-36
		光波測量機「KUMONOS」及び高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム「シン・クモノス」	BR010006-V0020	2-42
		画像解析を用いたコンクリート建造物のひび割れ定量評価技術	BR010007-V0020	2-48
		ワイヤ吊下式目視点検ロボット	BR010008-V0020	2-54
		全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術	BR010009-V0020	2-61
		デジタルカメラを用いた画像計測ソリューション	BR010010-V0020	2-67
		画像計測ソリューション Nivo-I	BR010011-V0020	2-73
		UAV を用いた近接撮影による橋梁点検支援システム	BR010012-V0020	2-79
		高精細画像による橋梁下面や主塔のクラック自動抽出システム	BR010013-V0020	2-85
		構造物点検ロボットシステム「SPIDER」	BR010014-V0120	2-93
		非 GPS 環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術	BR010015-V0120	2-99
		橋梁点検用ドローンによる構造物 2 次元画像解析と 3D モデル構築技術	BR010016-V0120	2-106
		マルチコプタ点検システム「マルコ®」	BR010017-V0120	2-113
		橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調書作成支援システム	BR010018-V0120	2-121
		橋梁等建造物の点検ロボットカメラ	BR010019-V0120	2-128
		橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」	BR010020-V0120	2-134
		二輪型マルチコプタ及び 3D 技術を用いた点検データ整理技術	BR010021-V0020	2-139
		遠方自動撮影システム	BR010022-V0020	2-145
		画像による RC 床版の点検・記録システム	BR010023-V0020	2-151
		社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」	BR010024-V0020	2-157

◇画像計測技術（トンネル）【 8 技術】

分類	検出項目	技術名	技術番号	頁
画像計測技術	ひびわれ	画像解析を用いたコンクリート構造物のひび割れ定量評価技術	TN010001-V0020	2-163
		社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」	TN010002-V0020	2-169
		走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)	TN010003-V0120	2-173
		道路性状測定車両イーグル(L&L システム)	TN010004-V0120	2-178
		社会インフラモニタリングシステム ( MMSD <sup>®</sup> II )	TN010005-V0020	2-183
		走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R (ミーム・アール) /MIMM(ミーム)	TN010006-V0120	2-188
		一般車両搭載型トンネル点検システム	TN010007-V0020	2-195
		トンネル覆工表面撮影システム	TN010008-V0120	2-200

◇非破壊検査技術（橋梁）【 11 技術】

分類	検出項目	技術名	技術番号	頁
非破壊検査技術	腐食	全磁束法によるケーブル非破壊検査	BR020001-V0020	2-207
	亀裂	鋼材表面探傷システム	BR020002-V0020	2-214
	うき	デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム	BR020003-V0020	2-220
		赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	BR020004-V0120	2-226
		ポール打検機	BR020005-V0120	2-232
		橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調書作成支援システム	BR020006-V0120	2-237
		近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	BR020007-V0120	2-243
		コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE(ブルー) DOCTOR(ドクター)」	BR020008-V0120	2-248
		最大 6m の距離でプラスチック弾を発射し、反射音の弾性波成分から内部空洞を探知するシステム	BR020009-V0020	2-253
	漏水・滞水	床版上面の損傷箇所判定システム	BR020010-V0020	2-260
	塩化物イオン濃度	コンクリートビュー	BR020011-V0020	2-267

◇非破壊検査技術（トンネル）【 6 技術】

分類	検出項目	技術名	技術番号	頁
非破壊検査技術	うき	デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム	TN020001-V0020	2-274
		道路性状測定車両イーグル（トンネル形状計測）	TN020002-V0020	2-279
		レーザー打音検査装置	TN020003-V0020	2-283
		天秤方式移動型レーダ探査技術	TN020004-V0020	2-288
		打音検査ユニット	TN020005-V0020	2-295
		走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R (ミーム・アール) -レーダ探査技術-	TN020006-V0020	2-303

◇計測・モニタリング技術（橋梁）【 25 技術】

分類	検出項目	技術名	技術番号	頁	
計測・モニタリング技術	変位	支承部の機能障害	FBG 方式光ファイバーひずみセンサーを用いた橋梁モニタリングシステム（支承部の機能障害、ほか）	BR030001-V0020	2-312
			サンプリングモアレカメラ	BR030002-V0020	2-321
			光学振動解析技術	BR030003-V0020	2-328
			非接触変位計測システム Measure LABO 支承ドクター	BR030004-V0020	2-334
			FBG 方式光ファイバーセンサー	BR030005-V0020	2-339
			IoT カメラを用いた支承機能モニタリングシステム	BR030006-V0020	2-346
		疲労損傷度	橋守疲労センサーによる橋梁の疲労損傷度モニタリング技術	BR030007-V0020	2-351
		活荷重たわみ	たわみ計測による耐荷力指標算出システム	BR030008-V0020	2-356
			光学振動解析技術	BR030009-V0020	2-362
		遊間の異常	桁端部異常検知モニタリングシステム	BR030010-V0020	2-368
	張力	PC ケーブル・吊材	FBG 光ファイバひずみセンサーを用いた橋梁モニタリングシステム（プレストレス喪失の可能性検知）	BR030011-V0020	2-373
			光ファイバを用いた PC ケーブル張力分布の計測技術	BR030012-V0020	2-379
			永久磁石を用いた PC ケーブル張力の計測技術	BR030013-V0020	2-384
	反力	支承部の機能障害	支承部の荷重計測システム	BR030014-V0020	2-389
	振動特性	洗掘	3 軸加速度センサを用いた傾斜計による、橋脚の傾斜角度変位モニタリングシステム	BR030015-V0020	2-394
			下部工基礎の洗掘モニタリングシステム	BR030016-V0020	2-401
			加速度センサを用いた洗掘量および傾斜角のモニタリング	BR030017-V0020	2-407
		剛性評価	無線時刻同期加速度センサシステムによる損傷検知技術	BR030018-V0020	2-413
			低周波 3 軸加速度センサによる主構造物の振動解析技術	BR030019-V0020	2-418
			橋梁の性能モニタリング技術（省電力無線センサによる遠隔モニタリングシステム）	BR030020-V0020	2-424
			無線センサネットワーク構造モニタリング	BR030021-V0020	2-429
	電位	鉄筋腐食	塩害補修効果モニタリングシステム	BR030022-V0020	2-436
	3次元座標	洗掘	広帯域超音波による橋梁基礎の洗掘の計測技術	BR030023-V0020	2-441
			水中 3D スキャナーによる水中構造物の形状把握システム	BR030024-V0020	2-447
			航空レーザ測深による橋梁基礎の洗掘状況モニタリング技術	BR030025-V0020	2-453

◇計測・モニタリング技術（トンネル）【 3 技術】

分類	検出項目		技術名	技術番号	頁
計測・モニタリング技術	変位	トンネル付属物の変状	OSV を活用したトンネル付属物の監視技術	TN030001-V0020	2-460
	振動特性	トンネル付属物の変状	3 軸加速度センサを用いた傾斜計による、トンネル内付属物（照明器具・標識等）の傾斜角度変位モニタリングシステム	TN030002-V0020	2-465
	3次元座標	形状の把握	MIMM-R（ミーム・アール）のレーザースキャナを活用したトンネル内装板背面の覆工変状の監視技術	TN030003-V0020	2-472

◇データ収集・通信技術【 3 技術】

分類	技術名	技術番号	頁
データ収集・通信	IP カメラだけで夜間運用、録画運用可能なエッジ技術	CM010001-V0020	2-478
	ネットワーク構造モニタリング	CM010002-V0020	2-481
	電源不要で変位・応力・荷重等のデータをスマホで確認可能な技術	CM010003-V0020	2-484

# 性能カタログ

## ■画像計測技術（橋梁）



## 画像計測技術(橋梁)

### 1. 基本事項

技術番号	BR010003-V0020		
技術名	構造物点検調査ヘリスシステム(SCIMUS:スキームス)		
技術バージョン	Ver.1.03	作成:2020年3月	
開発者	中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)		
連絡先等	TEL: 03-5339-1717	E-mail: r.hori.aa@c-nexco-het.jp	経営企画部事業開発課 堀
現有台数・基地	3台	基地	神奈川県相模原市橋本台1-10-7
技術概要	<p>構造物点検調査ヘリスシステムとは、無人航空機(以下「ドローン」という)に搭載したデジタル一眼レフカメラ(以下「カメラ」という)を用いて橋梁を撮影し、変状を把握する技術である。撮影は、FPVモニター(機体に取り付けたカメラからの映像を無線で伝送してディスプレイで確認するシステム)で確認しながら行う。</p> <p>【飛行及び撮影方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●上部構造(床版)・・・カメラを垂直方向に設置し、ドローンは床版下面を定速で飛行させ、連続撮影しながら床版面を撮影する。</li> <li>●上部構造(主桁、横桁等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンを桁間に侵入させて地上からFPVモニターにより撮影アングルを制御し各部位の撮影を行う。</li> <li>●下部構造(橋脚、橋台等)・・・カメラを水平方向に設置し、ドローンは橋脚側面を定速で飛行させ、連続自動撮影しながら橋脚面を撮影する。</li> <li>●橋梁付属物(支承、排水装置等)・・・カメラを回転台に乗せ、ドローンをホバリングさせて地上からFPVモニターにより撮影アングルを制御し撮影を行う。</li> </ul> <p>【変状の抽出】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ひびわれ・・・連続撮影した画像をソフトウェアでオルソ補正、結合した後、技術者が目視にて幅、長さについて抽出し展開図への記入及び表に取りまとめる。</li> <li>●その他の変状・・・撮影した画像を技術者が拡大するなどを行い、展開図への記入及び表にとりまとめる。</li> </ul>		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版等)／下部構造(橋脚、橋台等)／橋梁付属物(支承、排水装置等)	
	変状の種類	コンクリート: ひびわれ／剥離 鋼部材: 腐食／防食機能の劣化／ボルトナットのゆるみ(合いマークの確認)・脱落 その他: 付属物の損傷／漏水・滞水等	
	物理原理	静止画像／動画像	

### 2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>基本ベース機器・・・ドローン(4枚羽、電動モータ、バッテリー)、ガードフレーム、GNSS装置、自律飛行装置、飛行制御ボード、(衝突防止装置)</p> <p>画像撮影機材・・・カメラ(動画、静止画)、SDカードに保存</p> <p>カメラ制御機材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○カメラ方向制御・・・①自動 ジャイロ(カメラの水平垂直制御)付可動雲台(90°)</li> <li>②手動 可動雲台(水平360° 垂直90°)、雲台手動制御機器</li> </ul> <p>○カメラ撮影制御・・・地上画像確認モニター、手動撮影機器</p>		
移動装置	移動原理	【飛行型】 機体は、4枚羽のドローンであり、基本的にはGNSS測位により自律飛行可能であるが、現場条件によっては、人が操縦して飛行させる。 (構造物下面では位置制御に使用する公共座標(GPS等)が不感であるためドローンの移動の指示は操縦装置から手動で行う。)	
	運動制御機構	通信	【無線通信】 操縦系周波数2.4GHz帯、画像伝送系周波数5.8GHz帯
		測位	・GNSS測位(全地球航法衛星システム)
		自律機能	IMU(ジャイロ、加速度計)、磁気センサ、バロメータによるデータをフライトコントロールプログラムにより制御する。
	衝突回避機能(飛行型のみ)	・係留ロープの装着 ・プロペラガード(水平・垂直)	
	外形寸法・重量	・外形寸法 L1,091mm×W1,091mm×H178mm ・重量 約5.4kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・最大外形寸法 200×200×200mm ・最大重量 4kg	
動力	・動力源:電気式 ・電源供給容量:バッテリー ・定格容量:22.2V×2個、計20500mA		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・20分(外気温:20℃の場合)		

## 画像計測技術(橋梁)

計測装置	設置方法	機体上部または下部に可動雲台又は回転雲台を取り付け、カメラをボルトにより取付ける。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SONY製カメラ α7RⅢ:126.9×95.6×737.7mm 657g</li> <li>55mm:70.5×64.4mm 120g</li> <li>・CANON製カメラ EOS R:135.8×98.3×84.4mm 660g</li> <li>50mm:39.3×69.2mm 160g</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SONY製カメラ α7RⅢ(センサーサイズ 35mmフルサイズ 4240万画素 横7952×縦5304)</li> <li>焦点距離55mm</li> <li>・CANON製カメラ EOS R(センサーサイズ 35mmフルサイズ 3030万画素 横6720×縦4480)</li> <li>焦点距離50mm</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平0° ~360°</li> <li>・鉛直0° ~90°</li> </ul>
		角度記録・制御機構機能	撮影は、ジャイロ機構により制御された可動雲台を用いてカメラを撮影対象面に向けて行う。また、鋸析溶接部や支承部を撮影する場合は、FPVモニタでカメラ映像を確認し、回転、チルトを手動で行う。いずれも撮影角度を記録する機能はない。
		測位機構	カメラに搭載されているGNSS測位(全地球航法衛星システム)
	耐久性	防塵・防水性能無し	
	動力	計測装置として使用しているカメラに内蔵されているリチウムイオンバッテリー(交換可能)	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SONY製カメラ α7RⅢ :190分(20°C)</li> <li>・CANON製カメラ EOS R :140分(23°C)</li> </ul>	
データ収集・通信装置	設置方法	撮影された画像は、撮影と同時にカメラに内蔵されている画像記録装置に収納される。	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	一体構造(カメラに内蔵)	
	データ収集・記録機能	画像記録装置にSDカードをデータ記録媒体として挿入しておき、物理的にデータを収集する。	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	データ伝送は行わない。	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	データ伝送は行わない。	
	動力	計測装置として使用しているカメラ内蔵のリチウムイオンバッテリー(交換可能)	
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	データ伝送は行わない。	

## 3. 運動性能

「2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 (飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	有	風速:2.5m/s(検証時の風速)
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	無	
	幅2.5m×奥行2.5m以上の水平空間があること		
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目視範囲内の飛行</li> <li>・係留ロープを用いて一定のテンションでドローンをつなぐ(安全対策)</li> </ul>
	130m		
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	無	GNSSの衛星の数により変動
	—		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	有	(検証時の条件値) ・移動距離: 10 m ・被写体距離: 3 m ・風速: 0.6 m/s
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	(検証時の条件値) ・カメラ: SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離: 3m ・照度: 167.1 lx ・風速: 1.0m/s ・気温: 10.2°C ・焦点距離: 55mm ・シャッター速度: 1/500-1500 秒 ・絞り: f3.5 ・ISO値: 100-1600
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※	有	(検証時の条件値) ・カメラ: SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離: 3m ・照度: 10300 lx ・風速: 1.4m/s ・気温: 12.0°C ・焦点距離: 55mm ・シャッター速度: 1/500-1500 秒 ・絞り: f3.5 ・ISO値: 100-1600
	位置精度	検証の有無の記載 ※	有	(検証時の条件値) ・カメラ: SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離: 3m ・照度: 10300 lx ・風速: 1.4m/s ・気温: 12.0°C ・焦点距離: 55mm ・シャッター速度: 1/500-1500 秒 ・絞り: f3.5 ・ISO値: 100-1600
	色識別性能	検証の有無の記載 ※	有	(検証時の条件値) ・カメラ: SONY ILCE-7RM3 ・被写体距離: 3m ・照度: 50.9 lx ・風速: 0m/s ・気温: 13.3°C ・焦点距離: 55mm ・シャッター速度: 1/500-1500 秒 ・絞り: f3.5 ・ISO値: 100-1600

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		① 撮影した画像を所定の範囲ごとにオルソ補正し結合する。 ② 結合した画像中のひびわれ等について、人が抽出(描画)して長さ・幅を計測する。 ③ 抽出したひびわれを人が展開図化及び表化する。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	Agisoft社製「Metashape」(オルソ補正結合処理) 保全工学研究所社製:「Kuraves」(ひびわれ描画)		
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)、漏水(範囲)、鉄筋露出(長さ)		
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	オルソ補正結合された画像をKuravesを使用しPC画面でトレースし抽出する。 1)カメラ: デジタル1眼レフ 2)撮影モード: マニュアルモード 3)ISO感度: ISO1600以下(フラッシュ使用) 4)ラップ率: 40%以上 5)画質: 最高(ファインモード) 6)画質フォーマット: JPEG 7)解像度0.3mm/PIX以下(最小ひびわれ幅0.1mmの場合)	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	長さ: オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuraves」に取込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定して計測する。 幅: オルソ補正、結合した画像をひびわれ描画ソフトウェア「Kuraves」に取込み、橋梁図面や現地型枠寸法などから既知の長さを設定し、ソフトウェア中のクラックスケールにて幅を計測する。	
		ひびわれ以外	オルソ補正、結合した画像で人が抽出する。	
		画像処理の精度	近接目視と同等	
		変状の描画方法	ひびわれ: ポリライン ひびわれ以外: ポリゴン	
		取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG形式
	ファイル容量		30MB	
	カラー／白黒画像		カラー	
画素分解能	ひびわれ幅0.1mmを検出するためには、0.3mm/画素以下であることが必要である。			
その他の留意事項	・ひびわれにチョークが重なっている場合は、検出が困難			
出力ファイル形式	JPEG形式			
調書作成支援の手順		①画像データを取得する。 ②上記変状検出手順①～③によりひびわれ展開図を作成する。 ③ひびわれ展開図を確認しながら、橋梁点検支援システム「橋視郎」で国土交通省定期点検要領様式を作成・出力する。		
調書作成支援の適用条件		・以下の条件の画像データが得られるように撮影する。 1)カメラレンズを被写体に向けて撮影(なるべく正対する) 2)画像の解像度は0.3mm/pix以下となるよう撮影 3)ひびわれの計測精度が「最小ひびわれ幅0.1mm、計測精度0.1mm」となるように撮影		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		JIPテクノサイエンス社製「橋視郎 ver7.0」(市販ソフト)		

画像計測技術(橋梁)

6. 留意事項(その1)

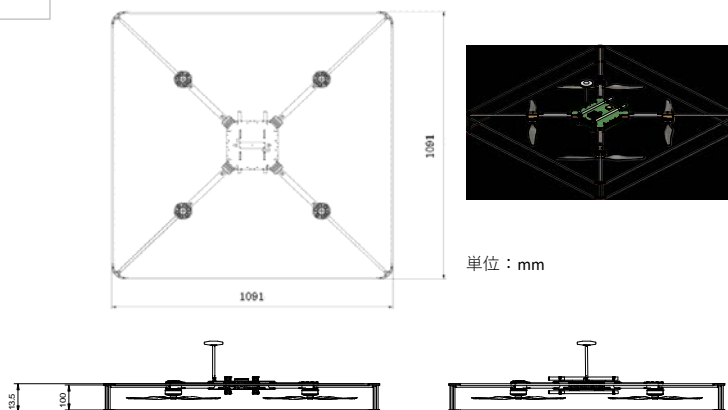
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	制約無し	—
	桁下条件	桁下に人が侵入できる箇所	① 床版、橋脚 …… 可動雲台(上横方向) ② 桁間(進入可能な場合) …… 回転チルト雲台(水平360° 垂直90°)
	周辺条件	撮影(飛行)箇所周辺に民家等の建物や電線、樹木がある場合及び電波塔などがある場合は不可	—
	安全面への配慮	係留ロープ使用 計測中の注意喚起表示 気象観測装置の設置	—
	無線等使用における混線等対策	通信は2.4GHz帯(2.400GHz~2.497GHz)の周波数帯域でスペクトラム分散方式で行う。	—
	道路規制条件	橋梁等の場合道路上の通行者の視界に入らないよう、地覆より上には飛行させない。	—
	その他	離発着場所 □3m×3m 平面が必要	—

6. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	JUIDA無人航空機操縦技能、無人航空機安全運航管理者	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作者1人、撮影者1人、補助者1人 合計4名	現場責任者は「道路橋点検士」資格保有者
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	操縦者は高度な操縦技術をもち、機体の保守に関する知識、ドローンの安全に対する知識を持つ者が行う。以下の要件のうち、①かつ②を満たすと共に、③又は④のいずれかを満たすものとする。 ①航空法の申請に必要な10時間以上の訓練飛行を行ったもの。 ②この訓練飛行は、屋外の訓練を含み、訓練内容は実際の現地条件に合致したものとする。 ここでいう現地条件とは、係留用ケーブルを結束した状態、飛行高さ(距離)、風速条件をいう。 なお、風速は地上1.5mでの10分間平均風速5m/sでの屋外訓練を行い、限界状態を経験する。 ③専門会社による操縦研修を受講したもの。 ④民間資格JUIDA操縦技能証明と同等以上の資格を有するもの。	モニタ撮影を実施する場合は、無線三級陸上無線技士資格が必要。
	操作場所	飛行体を目視確認可能な位置	—
	点検費用	床版 800㎡/日 550,000円/日 橋脚 2,000㎡/日 450,000円/日	現地状況により異なる
	保険の有無、保障範囲、費用	動産保険および施設賠償責任保険加入済	—
	自動制御の有無	自律制御有	—
	利用形態:リース等の入手性	業務受託	飛行機材、撮影機材等トータルなシステムとなっているため機体等のリースや販売、持ち込み機器の採用は難しい。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社サポート	—
	センシングデバイスの点検	計測ごとに、現地で、撮影機器のキャリブレーションを行う。(撮影距離の確認、クラックスケール等による画素、幅の確認)	—
その他		—	

7. 図面

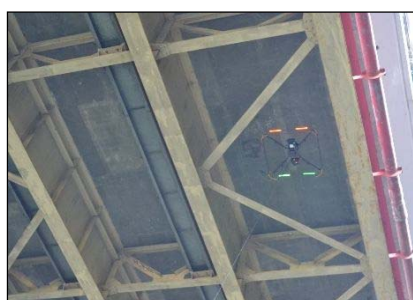
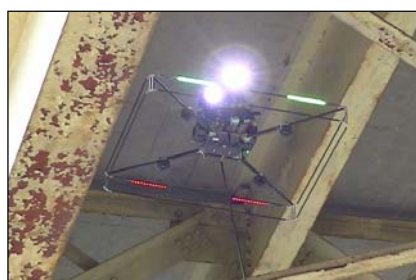
ベース機体図面



機体 (カメラ含む)



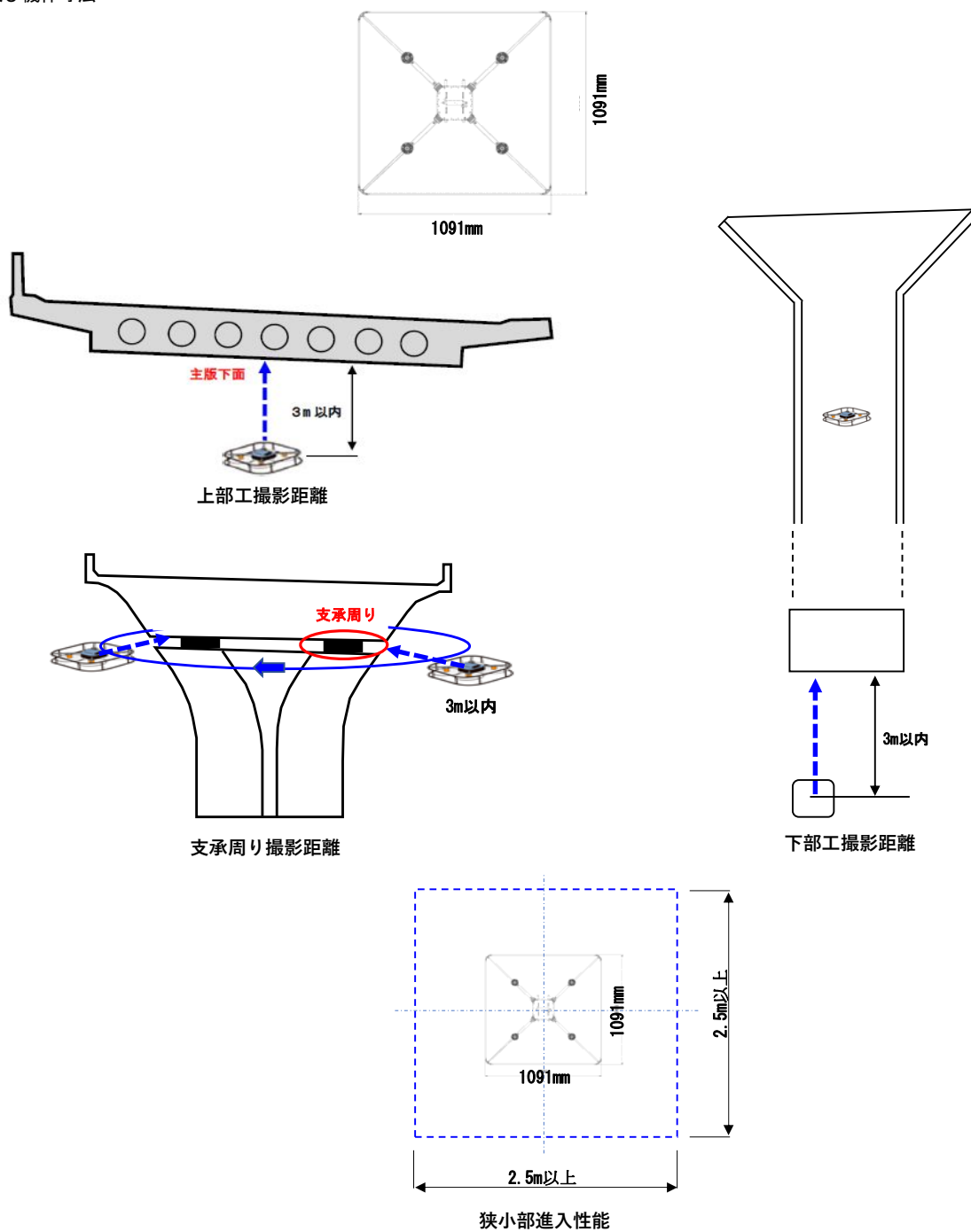
計測 (撮影) 状況





画像計測技術(橋梁)

撮影距離及び機体寸法



## 画像計測技術(橋梁)

1. 基本事項			
技術番号	BR010024-V0020		
技術名	社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」		
技術バージョン	Ver 1.2	作成：2020年 3月	
開発者	富士フイルム株式会社		
連絡先等	TEL: 03-6447-5179	E-mail : infra_service@fujifilm.com	産業機材事業部
現有台数・基地	無制限	基地	東京都港区
技術概要	本技術は、コンクリート構造物を撮影した写真からコンクリートに発生する「ひびわれの自動検出」と「ひびわれ幅の自動計測」をAIを活用した画像解析で行うシステムである。本技術の活用により従来人手で対応していた検出作業を削減できる。		
技術区分	対象部位	上部構造(床版等)／下部構造(橋脚、橋台等)／点検施設	
	変状の種類	自動検出:コンクリート ひびわれ／床版ひびわれ 目視検出:剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水	
	物理原理	画像	

2. 基本諸元				
計測機器の構成		—		
移動装置	移動原理		—	
	運動制御機構	通信	—	
		測位	—	
		自律機能	—	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—	
	外形寸法・重量		—	
	搭載可能容量(分離構造の場合)		—	
	動力		—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		—		
計測装置	設置方法		—	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)		—	
	センシングデバイス	カメラ	下記仕様を満たすミラーレス一眼カメラを推奨。または、フルサイズ一眼レフカメラ。 ・センサーサイズ:縦15.6mm×横23.5mm(APS-C以上) ・焦点距離(mm):14mm～400mm ・ピクセル数:(1000Pixel×1000Pixel以上) ・ダイナミクスレンジ(bit):8bit以上 ・コントラストAFは使用しない事を推奨	
		パン・チルト機構	必須ではない。	
		角度記録・制御機構機能	必須ではない。	
		測位機構	必須ではない	
	耐久性		—	
	動力		—	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		—		



データ収集・通信装置	設置方法	—
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	—
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	—
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—

### 3. 運動性能

「2. 基本諸元」において、移動原理が「据置」または「人力」以外の場合は記載する

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能 (飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	—	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	—	—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	—	—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	—	—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

### 4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	—
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 有	【撮影速度】静止撮影(ドローン・ロボット含む) 【照度】 検証実施した照度の条件: ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※ 有	・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証 【画素分解能】0.3mm/pixel 【被写体との距離】1.4m~30.0m
	位置精度	検証の有無の記載 ※ 有	【正対撮影】 被写体表面の法線ベクトル概ね±20° 以内 【補助手段】 撮影対象の実寸を手動入力(格間・橋脚の実寸等)する事でひびわれ幅・長さを自動計測
	色識別性能	検証の有無の記載 ※ 有	【照度】 検証実施した照度の条件: ・10klx以上:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・10klx未満/以上混在:フラッシュあり/フラッシュなしの両方で左記計測精度を検証 ・1lx未満:フラッシュありで左記計測精度を検証

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

## 5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順		<p>①撮影した画像を「ひびみっけ」で当社クラウドへアップロードする。</p> <p>②撮影した画像を自動合成機能でつなぎ合わせる。(アップロード完了後、自動で実行される)</p> <p>③ひびわれ自動検出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれを検出する。(アップロード完了後、自動で実行される)</p> <p>④合成後画像中の長方形領域の4頂点を指定し、前記長方形領域の実寸サイズ(mm)を入力する。</p> <p>⑤ひびわれ幅・長さを自動計測する(⑤の作業後、自動で実行される)(下記アルゴリズム参照)</p> <p>⑥自動検出されたひびわれを目視確認し、端点が隣接するひびわれの連結(ボタン押下で自動処理)、ひびわれ長さ・幅に応じたフィルタリング(幅・長さを指定しボタン押下で自動処理)、誤抽出結果の削除(手動)、未抽出箇所のトレース(手動)など、ひびわれ抽出結果の編集を必要に応じて実施する。</p> <p>⑦ひびわれ以外の変状については、目視にて撮影画像を確認しながら手動でマーキングする。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.2)(当社クラウドサービス)	
	検出可能な変状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ(幅および長さ)(自動検出)</li> <li>・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水(目視検出)</li> </ul>	
	変状検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動検出</li> <li>・AI教師データは日本全国47都道府県のRC橋やPC橋の下部構造(橋脚、橋台)や上部構造(主桁、床版)、トンネル覆工コンクリート、ボックスカルバート、ダム、護岸、堤防などのコンクリート構造物におけるひびわれ・床版ひびわれに関する写真に、ひびわれ・床版ひびわれに該当する画素の正解情報を付与したデータを用いて学習させている。</li> <li>・撮影条件・仕様等 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) カメラ: デジタル一眼レフ</li> <li>2) 撮影設定: 絞り優先設定</li> <li>3) ISO感度: ISO200以下</li> <li>4) ラップ率: オーバーラップ 30%以上、サイドラップ 30%以上</li> <li>5) 撮影角度: 正対(被写体表面の法線ベクトルに対し概ね±20°以内)</li> <li>6) 画質: 最高(ファイン等)</li> <li>7) 画像フォーマット: JPEG</li> <li>8) 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと</li> </ul> </li> </ul>
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幅: 自動検出されたひびわれの画素数幅をひびわれ横断方向の画素の濃淡分布を考慮してサブピクセル精度で計測し、前記画素数幅を1画素当たりの実寸サイズ(※)を用いて、実寸幅に換算することで、サブピクセル精度(0.05mm単位)でひびわれの幅を自動計測。</li> <li>・長さ: 自動検出されたひびわれの画素数長さを「1画素当たりの実寸サイズ」(※)を用いて実寸長さに換算することで、ひびわれの長さを自動計測。</li> <li>※変状検出手順④で入力された長方形領域の4頂点に対する実寸サイズ情報より算出</li> </ul>
		ひびわれ以外	・人が画像を確認し、変状箇所を手動でマーキング
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ検出: 検出したひびわれの総延長および本数の再現率・適合率がともに95%以上[日本全国47都道府県から収集したAI学習に使用していない画像で評価]</li> <li>本数の再現率 = <math>\frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{真のひびわれ本数}}</math></li> <li>本数の適合率 = <math>\frac{\text{正しく検出したひびわれ本数}}{\text{検出したひびわれ本数}}</math></li> <li>総延長の再現率 = <math>\frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{真のひびわれ総延長}}</math></li> <li>総延長の適合率 = <math>\frac{\text{正しく検出したひびわれ総延長}}{\text{検出したひびわれ総延長}}</math></li> <li>・全国47都道府県で追加学習なく適用可能</li> </ul>
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ: ポリライン</li> <li>・剥離、鉄筋露出、遊離石灰、漏水: ポリゴン</li> </ul>
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	JPEG
		ファイル容量	ファイル容量: 200MB/枚。
		カラー/白黒画像	カラー画像(RGB/8bit)
画素分解能		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひびわれ幅0.1mmを検出・幅計測するためには0.3mm/pixel以下であることが必要</li> <li>・ひびわれ幅0.2mmを検出・幅計測するためには0.6mm/pixel以下であることが必要</li> </ul>	
その他の留意事項		<ul style="list-style-type: none"> <li>・三脚・自動雲台での撮影について、初回撮影時は当社または当社代理店による撮影講習を行うことで、正確に撮影する事をサポートする。</li> <li>・ひびわれにチョークが重なりひびわれを目視できない場合や汚れて目視できない場合等、目視でも見えないひびわれは検出が不可</li> <li>・画像サイズ: 1000×1000ピクセル～8800×6500ピクセル。前記サイズを超える場合はご相談ください</li> <li>・画像やExif情報を編集しないこと</li> <li>・当社「ひびみっけ」アプリをインストールして使用すること</li> </ul>	
出力ファイル形式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像: JPEG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセル以下の場合)、PNG(合成画像サイズの長辺が65000ピクセルより大きい場合)</li> <li>・CAD: DXF</li> <li>・ひびわれ数量積算表: CSV</li> </ul>		
調書作成支援の手順	<p>①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。</p> <p>②変状検出結果(画像、CAD、数量表)のデータを当社クラウドからダウンロードする</p> <p>③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、ダウンロードしたデータを読み込み、点検調書(損傷図)の所定の項目に貼り付ける。</p>		
調書作成支援の適用条件	・適用可能な画像および撮影条件は、上記項目「ソフトウェア情報」の「変状検出の原理・アルゴリズム」「取扱可能な画像データ」を参照		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」(ver.1.2)(当社クラウドサービス)		

## 6. 留意事項(その1)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時現場条件	道路幅員条件	—	—
	桁下条件	—	—
	周辺条件	—	—
	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	—	—
	その他	—	—

## 6. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	—	—
	必要構成人員数	—	—
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	—	—
	操作場所	—	—
	点検費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影:撮影した計測機器(ドローン・ロボット等)の仕様に準ずる。</li> <li>・解析:社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」費用</li> </ul>	社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」費用 写真1枚辺り～400円(消費税別) 使用量に応じて減額。 2400万画素カメラの場合、1㎡あたりの単価:185円
	保険の有無、保障範囲、費用	—	—
	自動制御の有無	—	—
	利用形態:リース等の入手性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・利用形態:ソフトウェアサービス</li> <li>社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」のソフトウェアは当社HPよりユーザー登録を行えば無償でインストール可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ソフトウェアを通じて解析を行った写真1枚毎に課金を行う従量課金型ソフトウェアサービス</li> <li>・「ひびみっけ」ホームページURL:  <a href="https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infrarvice/hibimikke">https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infrarvice/hibimikke</a> </li> </ul>
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—	

## 7. 図面

※撮影した計測機器(ドローン・ロボット等)の仕様に準ずる。  
・社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」はソフトウェアのため図面はなし。

# 性能カタログ

## ■画像計測技術（トンネル）

# 画像計測技術(トンネル)

## 1. 基本事項

技術番号	TN010006-V0120		
技術名	走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール) / MIMM(ミーム)		
技術バージョン	ver.3	作成日	: 2020年2月
開発者	パシフィックコンサルタンツ(株) / 計測検査棟		
連絡先等	TEL : 03-6777-4763	E-mail : tn-mimm@ss.pacific.co.jp	担当: 交通基盤事業本部 インフラマネジメント部
現有台数・基地	2台	基地	茨城県つくば市
技術概要	<p>トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度3次元レーザー計測システム、非接触レーザー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れや漏水等の変状と、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する。走行型計測結果により覆工壁面展開画像および変状展開図を作成することで、近接目視点検前に変状位置を正確に把握することが可能となることから、高品質な変状展開図を作成することが可能となる。</p> <p>MIMM-Rに搭載された3次元レーザー計測システムを併用することで、断面形状や断面変形の有無を把握することができるため、外力性変状の評価するための定量的なデータを得ることができる。</p> <p>MIMM-Rに搭載された覆工巻厚・背面空洞調査レーザーシステムを併用することで、巻厚不足の判定や背面空洞の有無、突発性崩壊の危険性評価を行うための定量的なデータを得ることができる。</p> <p>カメラシステムとして別車両のMIMMがあり、画像計測はMIMM-Rと同等の機能、性能であるため、表題に併記した。</p>		
対象部位	覆工の横断目地 / 覆工の水平打継ぎ目 / 覆工天端 / その他覆工面 / 内装板 / 吸音板 / 天井板 / ケーブル類 / 警報表示板 / はく落防止対策工 / 漏水対策工 / その他補修箇所 / 排水施設 / 路肩及び路面 / その他(標識、ジェットファン取付部材 / 照明可視部)		
変状の種類	本土工における圧ざ・ひび割れ / うき・はく離(変色等目視確認できる異常が見られる場合や範囲を示すチョーキングがあるもの) / 鋼材腐食 / 漏水等による変状 / その他(目視観察で把握可能な変状)		
物理原理	画像		

## 2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>【計測装置の構成】</p> <p>本計測装置は、3トン車両後方に切り離し可能な計測室を置き、撮影角度を0.1度刻み(位置決め精度0.03度)で調整可能な電動雲台、10倍の望遠機能を備えたデジタル・ビデオカメラ、録画装置、照明用のLEDからなる画像撮影部と、高精度レーザー・スキャナ・GPS・IMU・オドメータ等で構成される高精度レーザー計測部、および2種類のレーザー計測部(覆工巻厚・背面空洞探査用レーザー、うきなど内部欠陥探査レーザー)からなる。高精度レーザー・スキャナは100万点 / 秒、回転数最大200回 / 秒の性能を備える。</p>		
移動原理	<p>車両型</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内燃機関を搭載した車両にて移動する。</li> <li>・車両に切り離し可能な計測室(カメラ、レーザー、レーダを搭載)を設置し、一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能。</li> <li>・陸運局にて規制緩和認定を取得しており、道路使用申請なしに走行計測することができる。</li> </ul>		
外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両 + 計測室一体構造(ただし分離可能)</li> <li>・長さ: 5.99m 幅: 2.08m 高さ: 3.63m</li> <li>・車両総重量 7.22t</li> </ul>		
搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測室(分離可能)</li> <li>・長さ: 4.24m 幅: 2.02m 高さ: 2.21m 重量: 2,600kg</li> </ul>		
動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 内燃機関</li> <li>・燃料: ディーゼル</li> <li>・定格出力: 13kW</li> </ul>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置としては連続稼働時間の制限は特になし</li> </ul>		

画像計測技術(トンネル)

計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離可能構造。</li> <li>・3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。</li> </ul>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測室(分離可能)</li> <li>長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg</li> </ul>	
	センシングデバイス	カメラ	<p>【ビデオカメラ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有効画素数 38万画素 20台 (MIMM-R搭載)</li> <li>・エリアカメラ、グローバルシャッター</li> <li>・SS:標準は1/2000. 50km/hの場合SS:1/3,000以上</li> <li>・動画フレームレート 30 fps</li> <li>・照明 LED照明60台 3m離隔での照度は5,000lx程度</li> <li>・覆工展開画像形式 : その他(覆工壁面正対画像(jpeg/AutoCAD外部参照反映可能)。必要に応じて、3次元テクスチャ作成も可能)</li> <li>・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 50MB程度(3次元テクスチャー含まず)</li> </ul>
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛直0° ~360°</li> </ul>
		角度記録・制御機構	カメラの画角は対象トンネルの形状および撮影画像精度(解像度)に応じて都度設定する可動式。
		測位機構	レーザー計測、GNSS、IMU、オドメータ距離計
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル・ビデオカメラ:公式な防塵、防水等級は無し、但しケーシングによりIP51相当、LED照明:IP68相当</li> </ul>	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。</li> </ul>	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・8時間程度(内燃機関によって発電した電力を使用しており、特に制約はなく、通常1日使用が可能。)</li> <li>(外気温:0~40°C、連続計測の場合:カメラはトンネル通過時のみ稼働させる)</li> </ul>		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分離可能構造。3トン車両後方に設置された計測室は車両本体とボルト・ナットにより締結、分離時はボルト・ナットを取り外しフォークリフトまたは移動式クレーン等を用い切り離し作業を行う。</li> </ul>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測室(分離可能) 長さ:4.24m 幅:2.02m 高さ:2.21m 重量:2,600kg	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラから有線接続されたレコーダに記録し、データを保存する。</li> </ul>	
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—	
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動装置の内燃機関によって発電された電力を用いる。</li> </ul>	
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—		

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R3.5m以上</li> <li>・R3.5m以下(SL1.5m程度)の場合、道路中央を走行することにより高さ3.8m幅3.5m程度まで対応可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数回走行が必要な場合がある。</li> <li>・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。</li> </ul>
適用可能なトンネルの最大寸法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・R8.5m以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラからの直線距離が1.5m~7.5m以内推奨</li> <li>・車線数に応じ複数回走行が必要</li> <li>・照明や標識等の付帯物が走行に支障の無い事を確認する必要がある。</li> </ul>

## 画像計測技術(トンネル)

### 4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	検証の有無の記載 ※	有	<b>【天候】</b> 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。  <b>【路面状態】</b> 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。  <b>【GNSS測位】</b> GNSS測位可能な坑外から計測を開始できれば、坑内でのGNSS測位不可状態での計測が可能。  <b>【日照条件】</b> 1000 lx 以上の照度から 70 lx 以下の環境照度に連続的に計測する場合は白飛びに注意(絞り等の設定変更により解消可能)。
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	検証の有無の記載 ※	有	
	位置精度	検証の有無の記載 ※	有	
	色識別性能	検証の有無の記載 ※	有	
		・70km/h程度以下 (検証時41km/hで走行)		
		・最小ひび割れ幅0.2mm ・計測精度0.43mm		
		・1.23%		
		進行方向: 59.0mm (5測線の平均値) 周方向: 19.7mm (4測線の平均値)		
		・フルカラー識別可能		

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

### 5. 画像処理・調書作成支援

変状検出手順	手法1) ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザー点群座標による。 ②ひび割れの自動抽出機能により、画像からひび割れ(幅、位置)を抽出する。 ③最大ひび割れ幅によるひび割れ展開図に変換し、DXF出力する。 ④ひび割れ以外の変状については、画像から手動で抽出する。 手法2) ①撮影した画像を覆工1スパンごとに合成する。位置同期はレーザー点群座標による。 ②ひび割れ、漏水などの自動抽出機能により、画像からひび割れなどの変状を抽出する(ラスタデータ)。 ③ひび割れ幅、長さを求め、対策工区分の判定を行う。 ④ひび割れ、漏水などをベクターデータとして展開図に変換し、DXF出力する。
ソフトウェア名	手法1) ひび割れ自動抽出ソフト HALCON (ライブラリ使用での自社開発) 手法2) AIによる変状抽出ソフト(自社開発) ディープラーニング(CNN)、セマンティックセグメンテーション
検出可能な変状	手法1) ひび割れ(幅、長さ) 手法2) ひび割れ(幅、長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、その他目視により確認できるもの
ソフトウェア情報	ひび割れ 手法1) 自社開発ひび割れ自動抽出ソフト HALCON ・ひび割れ自動抽出ソフト(HALCON)により、コンクリート面とひび割れのピクセルの輝度値から、ひび割れを自動抽出し、ひび割れ幅を検出する。(ひび割れ以外は、手動検出) 手法2) AIによる変状抽出ソフト セマンティックセグメンテーションによるディープラーニング ・ひび割れをピクセル単位でセマンティックセグメンテーションにより抽出する。 ・使用する画像は、1.5mm/pix以上の画質(低圧縮JPEG画像)を用い、高精細化手法を併用。 ・教師データは、100スパン以上、1タイル256×256pix(or 512×512pix)、ひび割れをピクセル単位で作成。 近接目視検前に計測した画像により画像と位置同期した展開図を作成する。近接目視時に修正した点検結果としてのひび割れ判定を教師データ作成の基本とし、画像上のひび割れを技術者が判断したうえで教師データを作成する。 ・撮影条件・仕様等(手法1)2)共通) 1) カメラ:ビデオカメラ 2) 撮影設定:絞り優先設定 3) ラップ率:オーバーラップ 30%、サイドラップ 30% 4) 画質:1.5mm/pix 5) 画質フォーマット:JPEG、TIFF、PNG、BMPなど 6) 注意事項: ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること⇒教師データ作成は修正後の最終展開図を使用する。展開図は画像と位置情報が一致している必要あり



画像計測技術(トンネル)

ソフトウェア情報	変状検出の原理・アルゴリズム	ひび割れ幅および長さの計測方法	<p>手法1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ幅: HALCONによりピクセルの輝度値から、ひび割れ幅を検出する(1.5mm/pixの分解能であるが、輝度使用により0.3mm程度以上のひび割れ幅の検出が可能)</li> <li>ひび割れの検出レイヤ(0.3mm未満, 0.3~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.0, 2.0~3.0, 3.0以上を基本としたレイヤカスタマイズ可能)</li> </ul> <p>ひび割れ長さ: ひび割れをポリラインに変換し、長さを確認する。ひび割れ位置、長さはレーザによる位置座標から算出している。</p> <p>手法2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ幅: セマンティックセグメンテーションにより、ピクセル毎のひび割れ存在可能性を算出する「ひび割れ検出アルゴリズム」により自動抽出する。具体的には2倍の高精細化技術により、1.5mm/pixの分解能を0.75mm/pixに改善し、ピクセル以下のひび割れ幅については、周辺のピクセルを使って補間し、輝度による重み付けを行うことで、ひび割れの存在可能性の分布を求めることによって、0.3mm程度以上のひび割れ検出が可能。</li> <li>ひび割れ長さ: セマンティックセグメンテーションにより抽出したひび割れをベクター化し、ポリラインでのひび割れ長さを検出する。</li> </ul>
		ひび割れ以外	<p>手法1)</p> <p>【漏水、遊離石灰、はく落跡、鉄筋露出、ジャン化、コールドジョイント、照明、JFなど】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>画像から手動にて抽出する。うきについては、近接目視、打音検査の結果を踏まえて守勢する。</li> </ul> <p>手法2)</p> <p>【漏水、遊離石灰、はく落跡】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ同様、セマンティックセグメンテーションのアルゴリズムにより、ピクセル単位で、漏水、遊離石灰、はく落跡を抽出する。ピクセル集合体の面データ(ラスターデータ)として自動抽出する。</li> <li>教師データは、100スパン以上、漏水など面データとしてピクセル単位で作成する。教師データは、画像のみの判断で作成せず、近接目視、打音検査の点検結果を反映させて作成する。</li> </ul>
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<p>手法2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れの検出: 再現率80%程度(漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れがひび割れに重なっておらず、明瞭なひび割れであった場合)</li> <li>漏水、遊離石灰、チョーク、壁面汚れなどがひび割れと重なっており、画像上ひび割れが分類できない状態の場合は、検出不能。</li> </ul> <p>漏水、遊離石灰については、再現率80%~90%程度。</p>
		変状の描画方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ: ポリライン</li> <li>ひび割れ以外: ポリゴン</li> </ul>
		変状検出の原理・アルゴリズム	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	手法1)2)共通 JPEG、TIFF、PNG、BMPなど
		ファイル容量	手法1)2)共通 30MB~80MB程度/1スパン
		カラー/白黒画像	手法1)2)共通 カラー
		画素分解能	<p>手法1)2)共通</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ幅0.3mmを検出するためには1.5mm/Pixel以下であることが必要</li> </ul>
	出力ファイル形式	その他の留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする</li> <li>画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること)</li> <li>画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする</li> <li>ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難</li> </ul>
出力ファイル形式		【汎用ファイル形式の場合】 JPEG/DXF等	
調書作成支援の手順		<p>手法1)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①適応条件に記載の条件により画像データを取得する。</li> <li>②画像データおよび同時に計測したレーザ点群データを下記支援ソフトiTAMSIに取り込む。</li> <li>③iTAMSIのドロー編集画面にて、ひび割れ抽出、その他の変状抽出作業を行い、変状展開図を作成する。</li> <li>④近接目視、打音検査を実施。事前に作成した変状展開図をタブレットに取り込み、現地にて修正作業を行う。</li> <li>⑤iTAMSIのドロー編集画面にて、変状箇所の抽出、対策工区分の判定などを行う。</li> <li>⑥抽出した変状箇所に応じた写真を帳票用に自動作成。</li> <li>⑦点検帳票を所定のフォーマットに自動出力する。</li> </ol> <p>手法2)の場合は、上記③の部分のみをAIにて抽出する。</p>	

画像計測技術(トンネル)

<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>手法1)                      ・基本的にはトンネル覆工表面全周画像を対象とし、スパン単位で合成した見下げの展開画像とする                      ・画像の縦横比が実際のトンネル周長とスパン長の比率に等しいこと(正確なアスペクト比であること)                      ・画像の歪み、あおり、台形などを補正し、壁面に正対した画像とする                      ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難                      ・覆工面の煤、漏水、遊離石灰によりひび割れが不可視の場合は、ひび割れの検出が困難                      ・画像から作成した変状展開図を近接目視時に確認し修正すること                      手法2)                      ・上記の手法1)の適用条件と同じ</p>
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>・現地での入力:タブレット(iPad)                      ・点検調書作成OS Windows8.1以降                      ・帳票作成、DBシステム :iTAMS (自社開発ソフト)</p>

6. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
点検現場条件	安全面への配慮	・特になし	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	交通規制の要否	不要	-
	交通規制の範囲	-	-
	現地への運搬方法	・車両に搭載して運搬 等	-
	トンネル延長の制約	・特になし	-
	車線数の制約	・特になし	-
	断面形状の制約	・特になし	-
	その他	<p>【作業条件・運用条件】                      ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。                      ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。                      【費用について】                      ・一度に計測するトンネル本数やトンネル延長により異なる。</p>	-

6. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・社内基準	-
	必要構成人員数	・車両運転員1人、計測機器操作1人、合計2名	-
	操作に必要な資格等の有無	・社内講習必要	-
	操作場所	・車両内	-
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	<p>・平均点検量:500m程度のトンネル3本~10本/日                      同一路線の連続するトンネルの場合、10本程度可能。                      ・平均作業時間:8時間/日 等</p>	-


画像計測技術(トンネル)

作業条件・運用条件	点検費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測サービスを提供</li> <li>・計測費用</li> </ul> <p>人力による従来点検業務費用に比べ、          ほぼ同等から3割程度縮減可能          費用は、トンネル数(トンネル群の距離)、延長、変状の大小(ひび割れ密度)、打音検査の量、矢板工法かNATMなどにより変わる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近接目視点検、打音検査含む</li> <li>・画像合成、展開図作成、点検帳票作成含む</li> </ul>	<p>例えば、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル500m程度 10本計測の場合</li> </ul> <p>直接人件費          外業 3,500,000円          内業 11,000,000円          直接経費 3,500,000円          その他費 22,000,000円          業務価格 40,000,000円          (従来点検に比べ、30%程度縮減)          ・トンネル500m 1本のみ          (従来点検とほぼ同等)</p>
	保険の有無、保障範囲、費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加入済み、保証範囲：人＋自転車＋車、保証金額：無制限</li> </ul>	—
	時間帯(夜間作業の可否)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし(夜間作業は可)</li> </ul>	—
	計測時の走行速度条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・70km/h程度以下</li> </ul>	—
	渋滞時の計測可否	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>	—
	設備等による死角条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ジェットファン、照明等の附属物の背面は撮影不可 等</li> </ul>	—
	車両から覆工表面までの距離条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・10m程度以内</li> </ul>	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>	—
	可搬性(寸法・重量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし</li> </ul>	—
	自動制御の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無</li> </ul>	—
	利用形態：リース等の入手性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務委託にて対応</li> </ul>	—
	関係機関への手続きの必要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要なし(陸運局許可取得済)</li> </ul>	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・解析ソフト：自社開発ソフト</li> <li>・必要作業：担当者による解析作業</li> <li>・上記計測費に含む</li> </ul>	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有</li> </ul>	—
センシングデバイスの点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常点検、年/1回定期点検</li> </ul>	—	
その他	<p>本システムは、カメラ、レーザの他に、2種類のレーダ計測部(覆工巻厚。背面空洞探査用レーダ、うきなど内部欠陥探査レーダ)を搭載しているため、レーダ技術については別途性能カタログを作成する。</p> <p>カメラシステムとして別車両のMIMMがあり、画像計測はMIMM-Rと同等の機能、性能であるため、表題に併記した。</p>	—	

7. 図面


**走行型計測車両 MIMM-R**

高密度レーザー(100万点/秒)

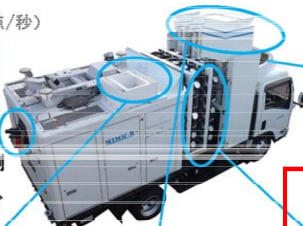


覆工の3次元形状計測

非接触空洞探査レーザー



TYPE1: 巻厚と背面空洞




標準MMS:レーザー




道路周辺3次元地形測量

全周20台ビデオカメラ




非接触内部欠陥探査レーザー




TYPE2: 内部欠陥、ジャンカ


ひび割れ、変状を連続撮影

時速50~70km/hで走行しながら計測






画像(カメラ)



レーザー



レーダー

アンテナと壁面離隔: 3m

カメラ、レーザー、レーダーおよび、近接目視、打音検査を総合的に融合させ、適切な判定を実施し、トンネル点検・診断全般の効率化、省力化などの支援を目指す。

走行型計測車両MIMM-R姿図

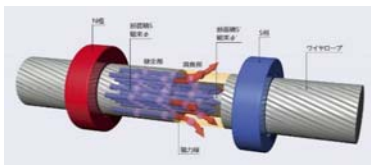
# 性能カタログ

## ■非破壊検査技術（橋梁）

# 非破壊検査技術(橋梁)

## 1. 基本事項

技術番号	BR020001-V0020		
技術名	全磁束法によるケーブル非破壊検査		
技術バージョン	ソレノイド式全磁束法、永久磁石式全磁束法	作成:	2020年 3月
開発者	東京製綱(株)	共同開発者:住友電工(株) 特殊線事業部 Tel.03-6406-2812 E-mail:nakaue-shinji@sei.co.jp	
連絡先等	TEL: 03-6366-7733	E-mail: yajima.takashi@tokyorope.jp	鋼構造ケーブル部
現有台数・基地	ソレノイド式:3台 永久磁石式:2台	基地	茨城県かすみがうら市穴倉5707
技術概要	<p>全磁束法はケーブル内に流れる磁束の量がケーブルの断面積に比例する原理を利用する。ケーブルを磁化することでケーブル内に磁束が流れ、その磁束を計測しケーブルの断面積へと換算する。ソレノイド式は磁化方式に電流磁気を用いる。電流をあげ、磁化力を強めることで、磁束密度を飽和漸近領域まで到達させる。健全部、健全部以外の断面積(飽和漸近領域の磁束)を比較することで、断面の変化、欠陥(主に腐食)状況を定量的に評価する方法である。</p> <p>永久磁石式全磁束法は磁化方式に永久磁石を用いて、ケーブル長手方向に移動しながら欠陥を定性的に検知し評価する方法である。また磁束密度を検知することでケーブル断面内での位置関係を把握する。</p>		
技術区分	対象部位	吊橋:メインケーブル・ハンガーケーブル 斜張橋:エクストラードズ橋等:斜材ケーブル・外ケーブル	
	検出原理	磁束/磁束密度	
	検出項目	ケーブル断面積の変化	

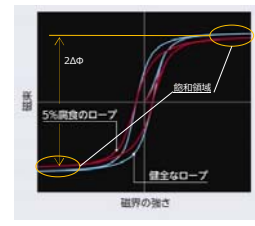


## 2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>◆ソレノイド式全磁束 移動装置を含まない分離型で、計測装置、データ収集装置、付帯装置の構成になる。下記装置を有線接続する。 磁化器:キャブタイヤケーブル(電線) 計測器:ガウスメータ(磁束密度)、フラックスメータ(磁束) データ収集:データロガー、PC 付帯装置:電源(200V)、切り替え機(極性)、発電機(100V、200V)</p> <p>◆永久磁石式全磁束 移動装置を含まない分離型で、計測装置、データ収集装置の構成になる。下記装置を有線接続する。 磁化器:永久磁石 計測器:ラジアルホールセンサ(漏洩磁束:断面方向) アキシヤルホールセンサ(漏洩磁束:軸方向) サーチコイル(磁束) データ収集:制御器、PC(制御器-PC間:Wi-Fi接続)</p>
移動装置	<p>(型式) ◆ソレノイド式全磁束(右上写真) 【据置】【人力】※1【接触型】※2 ソレノイド式全磁束法は、電流を流す必要がある事から、電線が届く範囲での測定となる。よって、定点(ある箇所に計測器を固定)の測定に向くものである。</p> <p>◆永久磁石式全磁束(右下写真) 【人力】【接触型】※2 永久磁石式全磁束法の計測は連続測定(移動しながら計測)を前提としており、設置や移動も人力(1.2人)で可能である。ただし人のアクセスが可能な範囲に限る。</p> <p>※1 電線が届く範囲での可動が可能。移動させる人員の足場が必要。 ※2 本計測専用の移動装置は無いため、別途ウィンチや昇降装置を用いる必要がある。ソレノイド式は移動する距離に応じて電流を流す電線の長さ(重量)が変わる。</p>

非破壊検査技術(橋梁)

移動装置	通信	—	
	運動制御機構	測位	—
		自律機能	—
		衝突回避機能 (飛行型のみ)	—
	外形寸法・重量	—	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	—	
	動力	—	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	—		
計測装置	設置方法	<p>◆ソレノイド式全磁束 計測装置自体は治具を用いて設置する。本計測専用の移動装置は無く、別途用意する必要がある。移動装置との装着はその装置によるが直接ボルトナットによる取付または移動装置装着用の治具を用いて連結する。</p> <p>◆永久磁石式全磁束 磁化計測器が2分割構造となっており、ケーブルを覆うようにして取り付ける。人力の場合、直接手動または補助ロープ等の人力可動な治具を取り付ける。移動装置との装着はその装置によるが直接ボルトナットによる取付または移動装置装着用の治具を用いて連結する。</p>	
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>◆ソレノイド式全磁束 計測する対象がケーブルの外径に依存する。 ・ケーブル径:実績最大527mm ・計測装置:最大外形寸法(長さ1200mm×幅1150mm×高さ1150mm)、最大重量(550kgf) 磁化器重量 大(330mm~):約550kg、中(250mm~):約100kg、小(70mm~):約30kg</p> <p>◆永久磁石式全磁束 計測する対象がケーブルの外径に依存する。以下実績最大値 ・ケーブル径:122mm ・計測装置:最大外形寸法(長さ530mm×幅300mm×高さ300mm)、最大重量(26kgf)</p>	
	センシングデバイス	<p>◆ソレノイド式全磁束 ・フラックスメータ ・ガウスメータ ・エンコーダ(連続測定時)</p> <p>◆永久磁石式全磁束 ・磁気センサ ・エンコーダ</p>	
	計測原理	<p>◆ソレノイド式全磁束法 ・計測した磁束と磁界強さのヒステリシス曲線(右図)から、飽和領域である一定の磁界強さ時の磁束を計測し、ケーブルの断面積を導出する。正常時の断面積と比較することで定量的に測定する。</p> <p>◆永久磁石式全磁束法 ・連続的に可動させ得られる各電圧値の相対値変化を解析し磁束変換する。磁束からケーブル断面積変化を、漏洩磁束から断面内欠陥位置を定量的に導く。またエンコーダからケーブル長手方向の位置関係を把握する。</p>	
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<p>◆共通 ・対象ケーブルが強磁性体であること。・樹脂系のロープには適用できない。 ・対象ケーブルを保護等の目的で外層を覆っている樹脂類の材質は非磁性体であることが前提となる。 ・計測部位付近で2.3人が作業できるスペースがある。場合によっては仮設足場や高所作業車が必要となる。 ・ケーブル端部の計測は困難である。</p> <p>◆ソレノイド式全磁束法 ・AC100V及び200Vの電源を必要とする。 ・発電機性能は最大30kVA程度 ・計測部位(センサー部及び磁化部)とデータ集積、直流電源間には有線で接続する。</p> <p>◆永久磁石式全磁束法 ・計測装置をある程度一定の速度で移動させながら計測する。 ・安全に移動可能であれば速度制限は特にならない。</p>	





非破壊検査技術(橋梁)

<p>精度と信頼性に影響を及ぼす要因</p>	<p>◆共通                  ・キャリブレーションの有無(新品状態のケーブルの有無)                  ・ケーブル端部の計測は困難。                  (ケーブルと端部の境目近傍に端金具もしくは桁があり磁性体であるため影響を受ける)                  ・ケーブルの張力(緊張状態により断面積に軽微な変化)                  ・センシングデバイスのレンジやデータ収集装置のサンプリング等適切な設定                  ◆永久磁石式全磁束                  ・対象ケーブルの受けた磁化履歴(計測履歴)の有無                  ※ケーブル端末部から約1.5m近傍では検出能力が不安定になる(端末近傍の磁化影響)</p>
<p>計測プロセス</p>	<p>・ケーブルに設置したサーチコイルセンサ及び磁気センサにより対象の磁束、磁束密度を計測する。各センサの設置場所や計測時の位置関係を「6. 図面」において詳述する。</p> <p>◆ソレノイド式全磁束法                  ・磁束、磁束密度(磁界強さ)からヒステリシス曲線が得られ、飽和領域の磁束を計測する。健全部の磁束と比較しその磁束変化から断面積を定量的に測定する。(定点測定)                  ・装置を可動させ磁束の相対変化から断面積を定量的に測定する。(連続測定)                  ◆永久磁石式全磁束法                  ・可動させた時の電圧(磁束)および磁束密度の相対変化から断面積、断面内位置を定量的に測定する。                  【処理フロー図等の記載例】</p> <p>◆ソレノイド式全磁束</p> <p>自動処理(一部手動)      手動処理</p> <p>センサー部      データ集積・送信部      データ処理部(パソコン等サーバ設置場所)</p> <p>磁気信号 → 有線 → データ収集 → A/D変換・転送処理 → 有線 → 解析ソフト・変位置解析 → データ出力                  ↓                  記録保存(csv)</p> <p>◆永久磁石式全磁束</p> <p>自動処理      手動処理</p> <p>センサー部      データ集積・送信部      データ処理部(パソコン等サーバ設置場所)</p> <p>磁気信号 → 有線 → データ収集・A/D変換・転送処理 → 記録保存 → Wi-Fi通信 → 解析ソフト・変位置解析 → データ出力                  ↓                  記録保存(csv)</p>
<p>アウトプット</p>	<p>・計測されるデータはcsvファイルにて保存される。保存されたデータは解析を行い断面積をアウトプットする。                  ・計測時間は計測器を可動させる連続測定は距離に依存する。</p> <p>◆ソレノイド式全磁束(定点測定時)                  ・計測準備に1時間、計測に2分、データ確認に2分、機器の撤去に30分程度を要する。計測器を2台使用することで時間短縮は可能</p> <p>◆永久磁石式全磁束(10m連続測定時)※手動で可動が可能な場合                  ・計測準備に10分、計測に3分、データ確認に2分、機器の撤去に10分程度を要する。計測器を2台使用することで時間短縮は可能</p>
<p>計測頻度</p>	<p>◆ソレノイド式全磁束(定点測定時)                  ・1時間に1回(1か所:定点)                  ◆永久磁石式全磁束(10m連続測定時)※手動で可動が可能な場合                  ・5分に1回(10m)</p>
<p>耐久性</p>	<p>防水・防塵機能は有していない</p>
<p>動力</p>	<p>◆ソレノイド式全磁束法(定点測定時)                  ・AC100V及び200Vの電源供給(発電機3~5kVA程度)                  ◆永久磁石式全磁束法                  ・装置内蔵の充電式バッテリーから供給</p>



## 非破壊検査技術(橋梁)

データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ソレノイド式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置に有線で接続し、車内または地上面の安定した場所に設置する。</li> </ul> </li> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置と有線で接続し、その後は一緒に動かす。</li> </ul> </li> </ul>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ソレノイド式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・電源装置、フラックスメーター、ガウスメーター、アナログ計測ユニット、極性切替スイッチ、ノートPC</li> <li>合計機器寸法(長さ1100mm×幅2000mm×高さ1300mm)、最大重量(400kgf)</li> <li>最大機器寸法(長さ700mm×幅800mm×高さ1100mm)、最大重量(350kgf)</li> </ul> </li> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・データ収集装置(制御器)</li> <li>(ノートPC寸法)長さ300mm×幅200mm×高さ20mm、最大重量(1.2kgf)</li> </ul> </li> </ul>
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ソレノイド式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・フラックスメータ、ガウスメータ、データ収集装置から計測したデータを有線でPCに伝送しハードディスクに保存</li> </ul> </li> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・データ収集装置内の記録メディア(SDカード)に保存</li> <li>・メディアとPC間でWiFi通信し、PC内ハードディスクに保存</li> </ul> </li> </ul>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信方法 WiFi</li> <li>・通信規格 2.4GHz帯</li> <li>・通信速度 ~31.4Mbps</li> <li>・通信距離 0.5m~10m</li> <li>※速度、距離は目安。環境によって異なる</li> </ul> </li> </ul>
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし、有線による伝送</li> </ul> </li> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>WiFi(既製品)</li> <li>・認証方式:WPA、WPA2</li> <li>・暗号化方式:WEP、TKIP、AES</li> </ul> </li> </ul>
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ソレノイド式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・DC100およびDC200Vの発電機</li> </ul> </li> <li>◆永久磁石式全磁束法                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・制御器内のバッテリーより供給</li> </ul> </li> </ul>
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・計測後、伝送/保存まで約2分程度

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※		—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

非破壊検査技術(橋梁)

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	有	これまでの実績から計測レンジを選定 ケーブル径によってレンジは変化する。 最小最大ケーブル径(実績) ソレノイド式: Φ10mm 永久磁石式: PCS φ15.2 約14%(素線1本)の断面積変化	
	校正方法	JIS Q17025に基づき校正を実施		対象はガウスメータとフラックスメータ 模擬線は対象ケーブルの最外素線と同等のものを使用	
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※	有	・検証試験時と同等な条件 ・これまでの実績より検知基準として ソレノイド式: 断面積変化が1%以上 永久磁石式: 断面積変化が3%以上
		検出感度	検証の有無の記載 ※	有	検証試験時と同等な条件 径や構成が違うと性能が不十分な場合がある
	S/N比	検証の有無の記載 ※	有	CFRC φ60に模擬線約3%の断面積変化を計測した場合	
	分解能	検証の有無の記載 ※	無	メーカー仕様による	
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	検証試験時と同等な条件 径や構成が違うと性能が不十分な場合がある	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	・本計測専用の移動装置は無し	
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	無	各エンコーダ仕様による ソレノイド式: CE65M-SSI/A+SLG:30m 永久磁石式: MTL_REH-30-200RC	
	色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	—	

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

非破壊検査技術(橋梁)

5. 留意事項(その1)

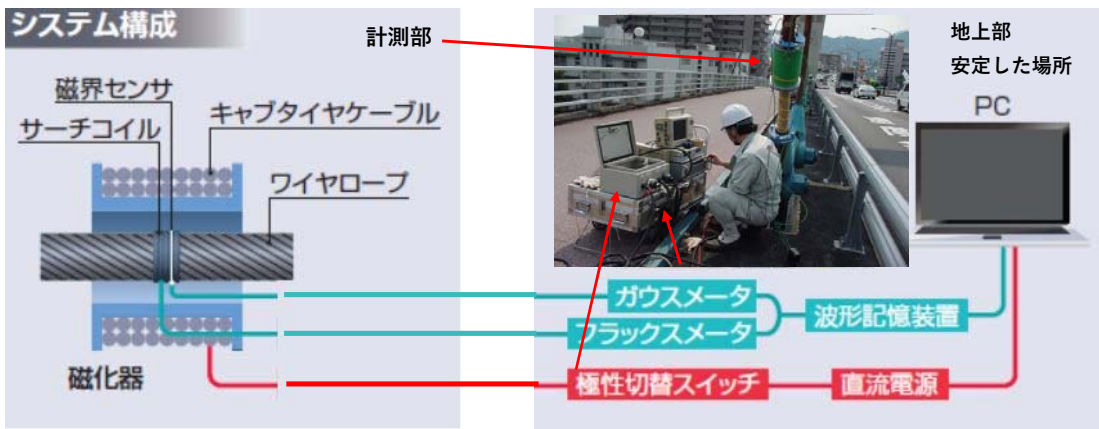
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時現場条件	道路幅員条件	人がアクセス出来ること	人のアクセスや作業が出来る環境にあること
	桁下条件	桁下条件なし	対象ケーブルに人のアクセスが可能であること 次項の「必要構成人員数」参照
	周辺条件	測定箇所(もしくはケーブル)と磁化器が接触するような位置関係で、磁性体(鉄)があると影響を受ける	測定対象、軸方向の周囲に対し、径の2倍の距離は何もないことが望ましい
	安全面への配慮	計測中は計測中である看板の設置 ケーブルからの計器落下防止対策	左記以外に通常行っている点検時(一般的な)の安全対策は必要
	無線等使用における混線等対策	混線対策は特になし	◆永久磁石式全磁束法 データの確認時に無線間約2m圏内で通信を行う
	道路規制条件	装置の設置・撤去時または移動時に交通規制の必要な場合がある	足場・高所作業車などを使用する際は、道路規制の必要性がある。また、ケーブル全長に渡る測定において、計器を移動させるために、ウィンチなどを使用する際は道路規制の検討が必要
	その他	計測器、データ収集機器が設置できるスペースがあればよい。 横移動の際に、手押し台車が通れると作業性が良い	対象ケーブル近傍に車を停止させることが出来るようであれば計測準備の短縮が可能

5. 留意事項(その2)

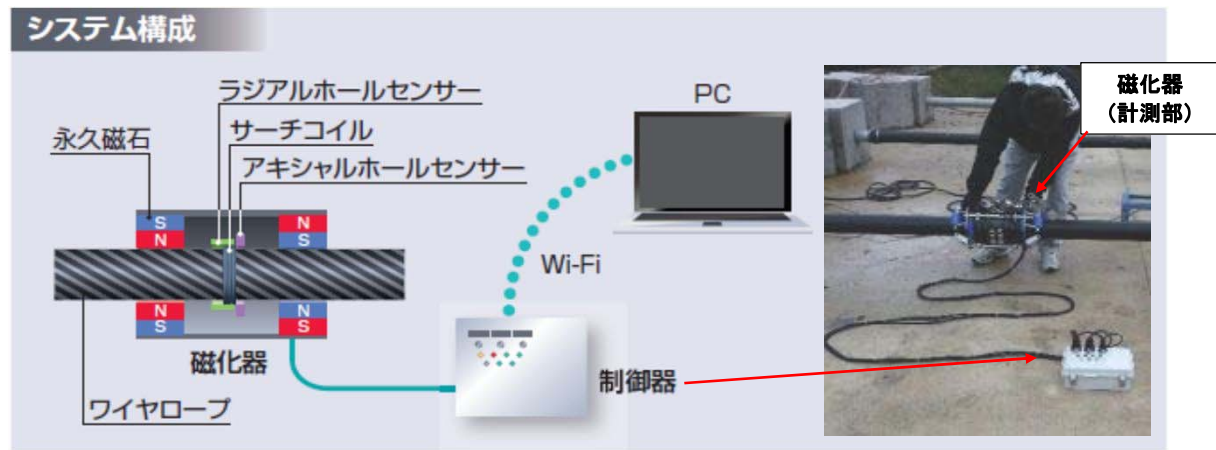
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	資格は不要。ただし、データ収集、解析は特定の測定者が行う。	特定の測定者以外の者には解析が難しい (2020年3月現在)
	必要構成人員数	◆ソレノイド式全磁束法 現場責任者1人、操作1人、作業員2人 合計4名 ◆永久磁石式全磁束法 現場責任者1人、操作1人、作業員1人 合計3名	作業スペースが十分(左記人数が集まれる)であること
	操作場所	データ収集装置が設置できるスペース 操作にあたり資格の必要は無し	対象ケーブル付近で駐車(交通規制内等)が可能であれば設置スペースは必要なし
	計測費用	診断料(技術費用・報告書作成等) 約75万 調査費用(1日作業分の人工日) 約35万/日	測定できる個所数は、作業環境(足場状況や計器の移動の容易さ)によって変わる。 参考:ソレノイド式全磁束法 4か所程度/日
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自律制御なし	—
	利用形態:リース等の入手性	リース、販売なし	自社による測定作業のみ
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	自社による測定作業のみ
	センシングデバイスの点検	—	自社による点検作業を実施
その他	—	—	

6. 図面

◆ソレノイド式全磁束



◆永久磁石式全磁束



## 非破壊検査技術(橋梁)

### 1. 基本事項

技術番号	BR020004-V0120		
技術名	赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム		
技術バージョン	—	作成:2020年3月	
開発者	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社		
連絡先等	TEL: 087-834-2419	E-mail: koichi.kawanishi@w-e-shikoku.co.jp	担当: 土木技術課 川西
現有台数・基地	6台	基地	香川県高松市花園町三丁目1番1号
技術概要	橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生する剥離やうき(コンクリート内部の剥離ひびわれ)を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。 第三者被害防止の橋梁点検において、打音点検前の1次スクリーニングに用いる。		
技術区分	対象部位	上部構造(主桁、横桁、床版)／高欄／地覆／下部構造(橋脚、橋台) (※2. 基本諸元に示す「計測の適用条件」を対象条件とする)	
	変状の種類	うき／剥離 (※ここでいう「剥離」とは、点検ハンマーによる打音にて、コンクリート片剥落の危険性があるものをいう。剥離跡や鉄筋露出は対象外とする。)	
	物理原理	赤外線サーモグラフィ法	
	検出項目	赤外線サーモグラフィ法による熱画像解析	

### 2. 基本諸元

計測機器の構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却型高性能赤外線カメラ</li> <li>・専用ソフト搭載PC</li> <li>・蓄電池他付属品</li> </ul> 通常撮影は調査員がハンドルとハーネスで機器を装着し、徒歩で移動する。			
移動装置	移動原理	対象となる橋梁の撮影場所条件に合わせて以下を選択する。 ・通常撮影(計測機器を装着した調査員が徒歩により移動する) ・台車撮影(固定治具により計測機器を台車に設置させ、台車により移動する) ・車載撮影(固定治具により計測機器を車両に設置させ、車両により移動する)		
	運動制御機構	通信	—	
		測位	—	
		自律機能	—	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	—	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常撮影:—</li> <li>・台車撮影: 搭載台車の大きさによる</li> <li>・車載撮影: 搭載車両の大きさによる</li> </ul>		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—		
	動力	—		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	—			

非破壊検査技術(橋梁)

設置方法	<p>赤外線カメラは以下の方法で設置される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常撮影(調査員がハンドルとハーネスにより調査機器を体に装着する)</li> <li>・台車撮影(固定治具により計測機器を台車に設置させる)</li> <li>・車載撮影(固定治具により計測機器を車両に設置させる)</li> </ul>
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷却型高性能赤外線カメラ(検知素子:InSb、検出波長帯:3~5μm)</li> <li>・デジタルカメラ(可視画像)</li> <li>・PC(OS:Windows7/Windows10 64bit版、ハードウェア:Intel Core i5以上推奨、メモリー:2GB以上)</li> <li>・熱環境測定装置EM(S)(外寸41cm×41cm、調査対象に本装置を設置する必要有り)</li> </ul>
計測原理	<p>赤外線サーモグラフィ法によりコンクリートのうき・剥離といった内部欠陥を検出する。物体から放出される赤外線の波長領域での放射の強さが、物体温度の関数となっていることを利用するもので、健全部と変状箇所との熱伝導の違いによる表面温度の差異を、赤外線カメラによって検出する手法である。本手法は熱環境により、調査可能時間帯が左右されるため、熱環境測定装置を用いて最適な調査時間帯を判断する。熱環境測定装置とは、実際の橋梁で出現する変状箇所を擬似的に再現する装置であり、この装置の変状箇所が熱画像上で明確に確認できる時間帯のみ調査を実施する。</p>
計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検出できる内部欠陥は、コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離である。</li> <li>・調査時間帯は夜間(日没から日の出まで)であること。</li> <li>・調査日の天候が荒天でないこと。</li> <li>・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。</li> <li>・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。</li> <li>・撮影角度は調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。</li> <li>・撮影距離は50m未満であること。(ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能)</li> <li>・調査対象部位は湿潤状態でないこと。垂鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。</li> <li>・変状箇所の大きさは10cm×10cm以上を対象。</li> </ul>
計測装置 精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<p>変状箇所以外においても、以下のような影響を受け、温度変化を示す場合がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面に存在する凹凸の影響</li> <li>・コンクリート表面のざらつき具合の影響</li> <li>・コンクリート表面の色のむらによる熱の吸収の影響</li> <li>・表面の付着物の影響</li> </ul> <p>上記のような影響があるため、赤外線カメラ撮影時は、調査対象周辺の環境や目視(可視画像)による表面状態の確認を行い、温度変化の発生原因を総合的に判断する。</p>
計測プロセス	<p>①撮影距離に応じて最適な撮影レンズを選定する。                  ②現地温度環境に応じて最適な撮影露光時間を選択する。                  ③赤外線カメラレンズに均一な温度の板(黒体)を当て、ソフト上で校正を実行し、熱画像上のノイズを除去する。                  ④撮影対象面に赤外線カメラを向けて撮影する。                  ⑤撮影範囲の赤外線放射強度を測定する。                  ⑥赤外線放射強度を温度値に変換し、熱画像・解析画像をモニターに表示する。                  ⑦PCに画像データを記録する。                  ⑧調査員は保存された画像の撮影位置を野帳に記録する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <p>手動処理</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">① 最適 撮影 レン ズの 選 定</div> <div style="width: 20px; height: 100px; border-left: 1px solid gray; border-right: 1px solid gray;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">② 露 光 時 間 の 選 択</div> <div style="width: 20px; height: 100px; border-left: 1px solid gray; border-right: 1px solid gray;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">③ 赤 外 線 カ メ ラ の 校 正</div> </div> </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <p>自動処理</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">④ 対 象 物 を 撮 影</div> <div style="width: 20px; height: 100px; border-left: 1px solid gray; border-right: 1px solid gray;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">⑤ 赤 外 線 放 射 強 度 を 測 定</div> <div style="width: 20px; height: 100px; border-left: 1px solid gray; border-right: 1px solid gray;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">⑥ 熱 画 像 ・ 解 析 画 像 表 示</div> <div style="width: 20px; height: 100px; border-left: 1px solid gray; border-right: 1px solid gray;"></div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">⑦ P C に 画 像 デ ー タ 保 存</div> </div> </div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> <p>手動処理</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 30px; height: 100px; display: flex; flex-direction: column; justify-content: center; align-items: center;">⑧ 撮 影 画 像 位 置 の 記 録</div> </div> </div>

## 非破壊検査技術(橋梁)

計測装置	アウトプット	・熱画像(コンクリート表面の温度分布を画像で示したもの) ・解析画像(熱画像を元に特異な温度差を強調させて表示したもの) ・上記画像データは独自形式であり、専用ソフト(Jsoft)でのみ読み込み可能。
	耐久性	計測機器の防水・防塵性能無し
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給方法:バッテリー ・定格容量:24V、9.2Ah
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	12時間(電源ON状態でバッテリー交換可能、1個当たり約4時間×3個使用で12時間稼働)
データ収集・通信装置	設置方法	移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	赤外線カメラに接続されたPCIに保存
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	・動力源:電気式 ・電源供給方法:バッテリー ・定格容量:24V、9.2Ah
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—

### 3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※		—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※		—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※		—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※		—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

非破壊検査技術(橋梁)

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	有	計測温度範囲は、通常の使用方法で確認できた計測温度範囲を示す。計測対象はコンクリート。	
	感度	校正方法	測定対象物とほぼ同じ温度とした黒体(キャリブレーション用の校正板)を赤外線カメラレンズ前面にかざし、校正実行する。校正後は熱画像上のノイズが除去されていることを確認する。		—
		検出性能	検証の有無の記載 ※	有	—
		検出感度	検証の有無の記載 ※	有	—
	S/N比	検証の有無の記載 ※	—	—	
	分解能	検証の有無の記載 ※	有	—	
	計測精度	検証の有無の記載 ※	有	調査対象部位は湿潤状態でないこと。 亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。 撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。 調査時間帯は夜間。 撮影角度:調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。 撮影距離:50m未満(ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能)	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有	—	
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有	—	

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。



非破壊検査技術(橋梁)

5. 留意事項(その1)

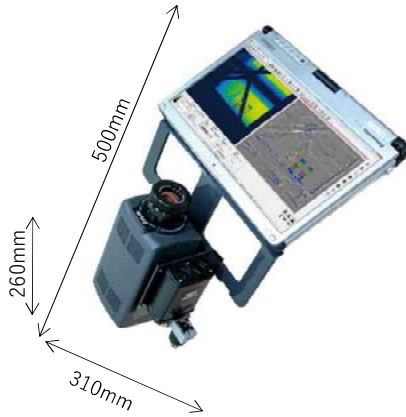
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	立入可能箇所から対象面の撮影角度30度以上確保できること	—
	桁下条件	撮影距離2m~90mが確保できること。	—
	周辺条件	撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。	—
	安全面への配慮	交通状況により、保安員の配置が必要な場合あり。	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	道路規制条件	不要	—
	塗装剤条件	亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 コンクリート表面保護塗装は可。ただし、表面に剥がれ等がある場合、内部欠陥か塗装剥がれかの判別は不可。	—
	躯体状態	調査対象部位が湿潤状態でないこと	—
	躯体温度条件	熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。	—
その他	撮影距離約90m未満 コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離	熱環境測定装置にて空洞部の温度差が明確に確認できる時間帯のみ調査可能と判断する。	

5. 留意事項(その2)

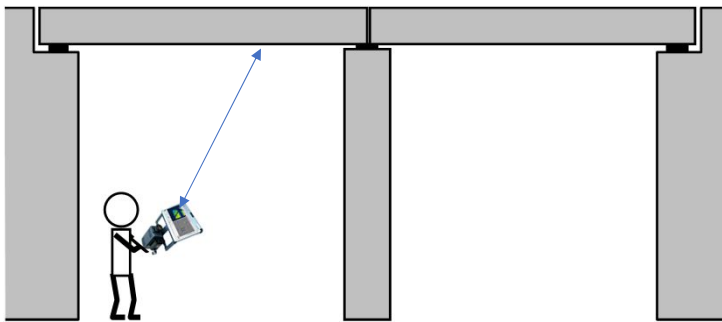
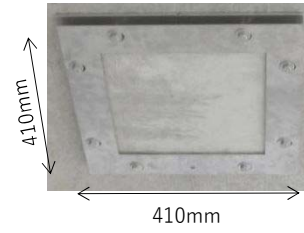
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	調査システムの操作方法を習得したもの	—
	必要構成人員数	点検技術者1人、補助員1人 合計2名	交通状況により、保安員の配置が必要な場合あり。
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	なし	—
	操作場所	制限無し	—
	点検費用	概算単価 300円/㎡	点検面積: 502.5㎡(立ち入り可能な上部工下面) 概略点検費用(計測~解析): 136,705円 ⇒272円/㎡
	保険の有無、保障範囲、費用	規定無し	—
	自動制御の有無	無し	—
	利用形態:リース等の入手性	製品販売による対応可。 本システムを用いた調査請負による対応可。	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート有り(問い合わせは就業時間内)	—
	センシングデバイスの点検	無し	調査時に赤外線カメラの校正作業を実施
その他	—	—	

6. 図面

Jシステム(赤外線カメラ、ハンドル、PC)  
外形寸法: 500mm × 310mm × 260mm



EM(S)  
外形寸法: 410mm × 410mm × 30mm



対象物より2m~90mで計測

# 性能カタログ

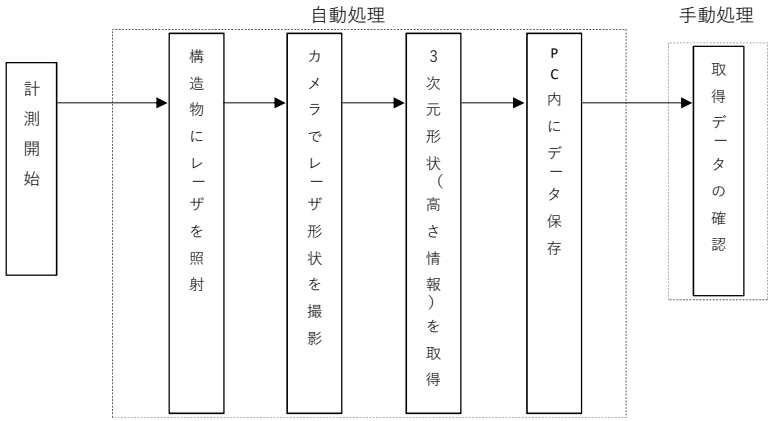
## ■非破壊検査技術（トンネル）

# 非破壊計測技術(トンネル)

1. 基本事項			
技術番号	TN020002-V0020		
技術名	道路性状測定車両イーグル(トンネル形状計測)		
	技術バージョン	-	作成:2019年12月
開発者	西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社		
連絡先等	TEL: 087-834-2419	E-mail: koichi.kawanishi@w-e-shikoku.co.jp	担当: 土木技術課 川西
現有台数・基地	1台	基地	香川県高松市花園町三丁目1番1号
技術概要	光切断法による3次元形状計測技術を利用して、覆工コンクリートのはく離の前兆である段差を非接触かつ定量的に検出する技術である。		
技術区分	対象部位	覆工面 (ただし、添架物で表面が隠れる範囲は測定不可)	
	変状の種類	うき・はく離(前兆である段差があるもの)	
	物理原理	光切断法による3次元形状計測	
	検出項目	3次元形状	

2. 基本諸元		
計測機器の構成	本計測機器は、3次元形状計測カメラ、レーザー、距離計、PC、発電機で構成され、これらは車両に搭載されている。車両を走行させることで、トンネル覆工の3次元形状スリットを取得し、PC内に記録される。	
移動装置	移動原理	車両型(車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの)
	外形寸法・重量	外形寸法: 5030mm × 1800mm × 3040mm(測定車両寸法) 車両重量: 3910kg
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	-
	動力	計測機器を搭載した車両による移動
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-
計測装置	設置方法	固定治具により計測機器を車両に設置させる。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	センシングデバイス	3次元形状計測カメラ: 高さ分解能0.5mm
	計測原理	光切断法により、3次元形状計測を行う。
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影視野: トンネル半断面分(約8.5m程度)</li> <li>・撮影速度: 80km/h以下</li> <li>・計測機器との離隔: 5m以下</li> <li>・トンネル覆工表面を撮影対象(非常駐車帯部は除く)とするため、道路附属物の陰にある覆工面は計測不可能。</li> <li>・雨天でないこと(トンネル進入までの回送時に、レンズに雨滴が付着するため)</li> </ul>
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トンネル内の路面に大きな段差がある場合、走行時に計測車両が上下に大きく揺れるため、計測値に歪みが生じる。</li> <li>・覆工面の合成時にある程度の補正は可能であるが、路面状態はできるだけ段差等が無く、良好な方が望ましい。</li> <li>・走行測定時、蛇行運転にならないよう留意する。</li> </ul>	

非破壊計測技術(トンネル)

計測装置	計測プロセス	<p>3次元形状は車両で走行しながら計測を行う。計測延長、各カメラのラップ等について確認する。データに不足が確認された場合には、再計測を実施する。</p> 
	アウトプット	3次元形状画像: 独自形式であり専用ソフト(Je3DPF)でのみ読み込み可能。
	耐久性	計測機器の防水・防塵性能無し
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・電源供給方法: 発電機</li> <li>・定格容量: AC100V、5.5KVA</li> </ul>
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	車両搭載の発電機による稼働 【カタログ掲載値】 連続運転可能時間: 約6.1h(定格負荷5.5kVA)
データ収集・記録装置	設置方法	移動装置と一体的な構造
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラに付属した記録メディア(SSD)にデータを保存する。保存データは、有線接続された計測用PCにて確認可能。現場作業完了後、SSDから記録用ハードディスクにデータをコピーする。</li> </ul>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源: 電気式</li> <li>・電源供給方法: 発電機</li> <li>・定格容量: AC100V、5.5KVA</li> </ul>
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	—

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	道路幅員1800mm、高さ3040mmより大きく、車両が走行できること	—
適用可能なトンネルの最大寸法	計測機器との離隔が5m以下であること	—
障害物回避	回避機能無し(障害物と衝突の恐れがある場合は適用外とする)	—

## 非破壊計測技術(トンネル)

### 4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測速度	検証の有無の記載 ※	有	—
	・最高速度80km/h (検証時は10~20km/hで走行)		
計測精度	検証の有無の記載 ※	有	—
	・厚さ3mm、□5cm×5cm以上検出可 ※計測他印象に目地部含まず (機器仕様としては、うき・はく離(前兆で段差があるもの)の凹凸0.5mm以上検出可能)		
位置精度	検証の有無の記載 ※	有	—
	進行方向:16.7mm(3測線計測結果と真値の誤差平均) 周方向:14.7mm(3測線計測結果と真値の誤差平均)		

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

### 5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	作業範囲	・側壁から天端まで。	—
	安全面への配慮	・回転灯の点灯 ・後方電光表示パネルにて「調査中」表示	—
	無線等使用における混線等対策	無し	—
	交通規制の要否	不要	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	測定機器が搭載された車両により自走運搬	—
	気温条件	特になし	—
	トンネル延長の制約	特になし	—
	車線数の制約	2車断面まで可	—
	断面形状の制約	道路幅員1800mm、高さ3040mmより大きく、車両が走行できること	—
その他	計測対象は可視範囲に限る(ジェットファンなどの附属物の裏は計測不可) 非常駐車帯部の計測は不可	—	

### 5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・解析システムの操作方法を習得したもの ※システム操作は簡単で、短時間で習得可能(特別な技術は不要)	—
	必要操作人員数	計測機器操作1人、車両運転員1人	—
	操作に必要な資格等の有無	・計測車両の運転 : 準中型免許 ・測定・解析システム : 特になし(システム操作の習得)	—
	操作場所	・計測車両 助手席PC設置場所	—
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	準備・片付けで約1時間程度 点検作業時間は、対象トンネル延長の往復走行時間	—

## 非破壊計測技術(トンネル)

作業条件・運用条件	計測費用	【概算費用】(外内業含む、形状計測のみ) 直接人件費 : 625,900円 直接経費費 : 2,782,740円 (周長17m×延長500m×10トンネルの場合)	左記は形状計測のみの金額を示す。現地作業では、可視画像も同時計測可能。
	保険の有無、保障範囲、費用	無し	—
	時間帯(夜間作業の可否)	作業時間の制限は特に無し。	—
	計測時の走行速度条件	撮影速度80km/h以下	—
	渋滞時の計測可否	・渋滞による低速走行は計測可能 (ただし、車両が完全停止する場合は計測不可)	—
	車両から覆工表面までの距離条件	計測機器との離隔が3.5m~5.0m程度であること 2車断面まで可	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	特になし	—
	可搬性(寸法・重量)	測定機器が搭載された車両による移動	—
	自動制御の有無	無し	—
	利用形態:リース等の入手性	・請負業務 ・計測車両および解析ソフトウェアの販売可能	—
	関係機関への手続きの必要性	交通管理者との協議	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト : 自社開発ソフトを使用 ・必要作業 : 担当者による解析作業	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・測定機器、解析システムの購入に応じてサポート体制有り	—
	センシングデバイスの点検	・測定機器は開始前に動作確認を行う ・年1回、機器メンテナンスを行う	—
その他	—	—	

## 6. 図面

外形寸法: 5030mm × 1800mm × 3040mm



※

上記は車体左側を開いた写真であるが、計測対象覆工面に応じて、左側・右側を開いて計測する。一度の計測では、全周計測できないため、複数回走行し、全周を計測する。下記に計測パターンを示す。

- ① 対面通行片側1車の場合・・・車両は往復走行することで全周計測が可能。左側開口部にて計測。
- ② 片側2車の場合・・・走行車線を走行し、左側開口部にて左半面を計測。追越車線を走行し、右側開口部にて右半面を計測。

# 性能カタログ

## ■計測・モニタリング技術（橋梁）



計測・モニタリング技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号	BR030003-V0020		
技術名	光学振動解析技術【動画による支承の変位量・回転量の計測技術】		
技術バージョン	Ver.1.00	作成：2020年 3月	
開発者	株式会社川金コアテック/日本電気株式会社		
連絡先等	TEL:048-259-1113 (川金コアテック)	E-mail : (川金コアテック) k-shimizu@kawakinkk.co.jp y-suzuki@kawakinkk.co.jp (NEC) ovst@sid.jp.nec.com	総合窓口：川金コアテック・メンテ事業開発部 清水、鈴木 技術窓口：NEC光学振動解析技術担当
現有台数・基地	5セット (BR030009-V0020の技術と共有)	基地	神奈川県川崎市 (NEC玉川事業所)
技術概要	<p>本技術は、支承の基本機能である「変位追従機能」「回転追従機能」を確認するために、動画像を用いた遠隔・非接触の計測手法により、車両通過時や温度変化に起因して発生する、支承の上沓もしくは支承の上沓と接続されている近傍の上部構造(主に主桁下フランジや主桁ウェブ)の移動量や回転量を計測するものである。</p>  <p>遠隔・非接触で撮影面の動的挙動(3次元変位量+回転量)を計測</p>		
技術区分	対象部位	支承部／上部構造(主に主桁下フランジや主桁ウェブ) ※支承部が直接観察できない場合、支承部に連結されている近傍の上部構造(主に主桁下フランジや主桁ウェブ)の挙動を計測する	
	検出原理	【静止画・動画】 動画像から計測対象表面の模様を追跡、画面全体の各点の動き分布を解析することで、計測対象表面の3次元変位量・回転量を算出する	
	検出項目	支承部／上部構造(主に主桁下フランジや主桁ウェブ)の挙動(変位量・回転量) ※支承の「変位追従機能」「回転追従機能」の確認	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本計測機器は、カメラとレンズによって構成される撮像部、三脚によって構成される支持部、解析用ソフトウェアをインストールした制御用PCによって構成されるデータ収集・処理部、レーザ距離計によって構成される測距部で構成される。</li> <li>・撮像部のカメラやレンズ、支持部の三脚、測距部のレーザ距離計に関しては、計測対象に合わせて必要なスペックに応じて付け替えが可能である(分離構造)。</li> <li>・必要に応じて、対象箇所への照度不足を補うための照明装置を用いる。</li> </ul>			
移動装置	移動原理	-		
	運動制御機構	通信	-	
		測位	-	
		自律機能	-	
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-	
	外形寸法・重量	-		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-		
動力	-			
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-			

計測・モニタリング技術(橋梁)

設置方法	<p>・本計測機器は、カメラとレンズによって構成される撮像部を、支持部となる三脚の雲台上部に1/4インチねじで固定し、測定対象表面が撮影できる場所に三脚を設置して撮影・計測する。</p> <p>・レンズが干渉するなど、カメラの高さ調整が必要な場合は、専用スペーサー(長さ35mm×幅45mm×高さ35mm)を挿入する。</p> <p>・撮像部のカメラやレンズは、計測対象に合わせて必要なスペックのものに付け替えが可能である。以下に示すものは【センシングデバイス】の項目に示されている基本構成を利用した場合の一例である。</p>
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<p>・計測装置(撮像部:カメラ+レンズアダプタ+レンズ): 最大外形寸法(長さ215mm×幅90mm×高さ90mm)、最大重量(0.9kgf)</p>
センシングデバイス	<p>【カメラ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ximea社 MQ042MG-CM</li> <li>または</li> <li>・Ximea社 MC124MG-SY</li> </ul> <p>【レンズ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ニコン社 AI AF Nikkor 180mm f/2.8D IF-ED</li> </ul> <p>【レンズアダプタ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・KIPON社 C マウントアダプター ニコンF 用</li> </ul> <p>【レーザー距離計】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Leica社 DISTO D510</li> </ul>
計測原理	<p>カメラで計測対象表面の模様を動画撮影し、画面内の各点の動きを追跡して算出した動き分布を解析することで、3次元方向の変位および回転量を算出する。ここでは、橋軸方向への可動域を持つ支承の上沓を、橋軸方向正面から撮影している場合を例に説明する。</p> <p>大型車両通過に伴い、計測対象の表面(支承の上沓)がカメラの光軸方向に近づくように変位すると、カメラから計測対象の表面までの距離が短くなるため、動画像内で対象表面が微かに拡大する。この時の拡大率を画像処理により算出し、拡大率と撮影距離からカメラの光軸方向の変位量を算出する。画面内の変位量に関しては、画面内の各点の動き分布からカメラの光軸方向の変位量成分を除去して平行移動成分を算出する。回転量に関しては、画面内の各点の動き分布から光軸方向・平行移動方向のそれぞれの変位量成分による影響を除去してから、どの程度回転したかを算出する。以上の処理により、単眼カメラで計測対象の表面(線支承の上沓)の3次元方向の変位および回転量を算出することが可能となる。</p> <p>支承部を直接撮影することが困難な場合は、支承に連結された近傍の構造(主に主桁下フランジや主桁ウェブ)の変位や回転量を算出する。</p>
計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<p>・【センシングデバイス】の項目に記載した基本構成では、焦点距離180mmのレンズを用いて撮影すると、撮影距離10mで計測対象の表面630×630mm程度の領域が撮影される。撮影対象の表面では1画素あたり300μm程度の大きさとなる。計測対象の表面が画面の半分以上の範囲を占めるように撮像されている状態が望ましい。この条件において、面内方向10μm、奥行き(カメラの光軸)方向100μm程度の変位、カメラの光軸方向を軸とした回転角0.2mrad が計測可能となるように想定して設計している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影距離・撮影角度は、撮影前にレーザー距離計などで予め計測する。</li> <li>・照明が不足する場合は照明装置を使う。地面から桁までの距離、撮影対象の周辺環境(日照の影響の有無など)、撮影時間等を考慮して機材を選定して測定を行う。</li> <li>・設置場所については、計測対象となる桁下面を撮影できる位置で、かつ計測時にカメラが揺れないような強固な個所を選定する。</li> <li>・雨、風、陽炎、日照変動(明るさ変動)の影響を受けにくい条件で撮影を行うよう計画する。</li> </ul>
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測対象表面の模様を画像処理によりトラッキングして変位を算出するため、計測対象表面に模様が必要。</li> <li>・完全無地・透明物は非対応、また塗装面も塗装種類やその表面状態によっては測定困難な可能性がある。</li> <li>・計測対象表面に対し正対していない場合、対称面までの距離と角度が不正確だと誤差の要因となる。</li> <li>・計測対象表面が画面半分よりも小さく撮像されていると精度低下が生じる可能性がある。</li> <li>・計測対象表面に対して±30°以内で計測すること。</li> </ul>
計測プロセス	<p>①事前準備 支承の種類や可動域・可動方向などの基本性能を調査する。 橋梁の種類や規模、機材の設置位置及び設置位置からの支承もしくは支承近傍の構造までの距離、撮影対象表面の模様の状態、地形条件、照明の要否、撮影条件等を調査する。これらを踏まえ、最適な機材構成を検討し、効率的な撮影計画を立案する。</p> <p>②機材設置 撮影計画に基づき、計測目的に合った機材を現場に持ち込み、機材を設置する。三脚を安定した場所に設置し、三脚にカメラ・レンズを取り付けて、計測対象に向けて固定する。カメラと制御用PCをUSBケーブルで接続する。</p> <p>③撮影条件設定・キャリブレーション 作業者は、制御用PCにインストールされている撮影・計測用ソフトウェアを立ち上げて撮影画像を観察しながら、三脚・カメラ・レンズを調整し、カメラの向き・画角・フォーカスを合わせて、レンズの焦点距離を確認する。次に、撮影・計測用ソフトウェア上で撮影画像の明るさを確認しながら、撮影フレームレート・露光時間・最大撮影枚数を設定する。そして、レーザー距離計を用いて、カメラ-計測対象間の撮影距離および撮影角度を測定する。</p> <p>作業者は、上記の撮影条件設定によって得た撮影パラメータ「レンズの焦点距離、撮影フレームレート・露光時間・最大撮影枚数、撮影距離、撮影角度」を、撮影・計測用ソフトウェアに入力する。これにより、キャリブレーションが完了する。</p> <p>④撮影・挙動算出・データ保存 撮影・計測用ソフトウェアを操作し、車両が通過する直前に撮影開始し、一定時間撮影を行う。撮影された時系列画像から、撮影と同時に3次元変位及び回転量の解析が行われ、制御用PCのグラフィックウインドウに描画される。作業者は、必要に応じて制御用PCに計測データ(動画データ、撮影パラメータ、3次元変位量・回転量)を保存する。</p>
アウトプット	<p>①動画画像生データ BMP 1.6GB(注1) ②撮影パラメータ テキストデータ TXT 1KB ③3次元変位・回転量 算出結果 テキストデータ TXT(注2) 850KB (注1)フレームレート80fps、1枚あたり4MByte、撮影時間を5秒とした場合の1回の計測データ容量 (注2)ファイルフォーマットはテキストタブ区切り形式</p> <p>・現地計測の際、1か所の計測に要する時間は、計測準備に15分、計測に5分、その場でデータ確認が可能、機器の撤去に10分程度を要する。(車両待ちの時間は含まれない)</p>
計測頻度	<p>・橋梁の上を重量の大きな車両が通過するときに支承部の変位が発生しやすい。そのため、重量が大きな車両が通過した時の計測結果を確認するとよい。既知の重量車を走行させると変位の量の比較でも評価が可能となる。</p> <p>・数分計測し続けて支承の変位が観測できた時点で検査を終了してもよい。</p>

計測・モニタリング技術(橋梁)

計測装置	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測機器の基本構成では防水・防塵性能は備えていない。</li> <li>必要に応じてカメラ・レンズ・ハウジング・PCケースなどを選択して対応する。</li> </ul>
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測装置(撮像部)は制御用PCからのUSB給電で駆動する。</li> <li>制御用PCは内蔵バッテリーで駆動する。</li> <li>計測時間が長くなる場合はAC出力バッテリーで制御用PCを給電しながら駆動させることも可能。</li> </ul>
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ収集・処理部となる制御用PCは、計測装置とUSB3.0ケーブルで接続する。</li> <li>制御用PCは、三脚上部に1/4インチねじを用いて固定されたカメラ台に固定する。</li> <li>機材の運搬に用いたケースやバックを台として利用してもよい。</li> <li>データ収集・処理部は、計測対象に合わせて必要なスペックのものに付け替えが可能である。以下に示すものは基本構成の一例である。</li> </ul>
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ収集・通信装置(制御用PC):</li> <li>最小外形寸法(長さ390mm×幅280mm×高さ40mm)</li> <li>最大外形寸法(長さ390mm×幅280mm×高さ280mm)</li> <li>最大重量(1.9kgf)</li> </ul>
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者は、車両が通過するタイミングで撮影開始し、一定時間撮影を行う。</li> <li>撮影された時系列画像は、制御用PCのRAM領域に確保されたリングバッファに一時的に書き込まれる。同時に、リアルタイムに3次元変位量・回転量の解析が実行され、それぞれ時系列波形として画面上で確認できる。</li> <li>変位量の時系列波形(特に鉛直方向に対応する方向の変位量)から、大型車両が通過したタイミングを判断可能。それを機に計測終了してもよい。</li> <li>既定値以上の変位量を確認した後にリングバッファをさかのぼって保存することも可能。</li> <li>保存ボタンを押すと、リングバッファに書き込まれた時系列画像に対して再度3次元変位量・回転量の解析が行われ、解析結果と共にHDDに記録される。</li> </ul>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御用PCは、PC内蔵バッテリー または AC給電可能なAC出力バッテリーを利用することも可能。</li> </ul>
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一時的にリングバッファに時系列画像をため込む構成となっているため、1度にデータ収集可能な時間は制御用PCのRAM容量によって制限される。</li> <li>例:PCのRAM容量16GBの場合、リングバッファに12GBを割り当てが可能。この場合、1枚4MByteの画像を80fpsで撮影した場合37.5秒の連続撮影が可能。30fpsで撮影した場合100秒間連続撮影が可能。</li> <li>保存データは制御用PCのHDD容量によって制限される。必要に応じて外付けHDDなどを利用することも可能。</li> </ul>	

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※ 無 <ul style="list-style-type: none"> <li>基本構成の場合の支持部と撮像部の構成で算出。</li> <li>最小所要空間寸法(長さ530mm×幅530mm×高さ855mm)</li> <li>設置場所までの移動時の所要空間寸法(長さ230mm×幅230mm×高さ920mm)</li> </ul>	※以下の基本構成時を想定して算出。 三脚:マンフロット 055プロアルミニウム 三脚3段+RC2付き3ウェイ雲台キット カメラ:Ximea MQ042MG-CM レンズ:AI AF Nikkor 180mm f/2.8D IF-ED レンズアダプタ:Cマウントアダプター ニコンF用 ※レンズや三脚を小さいものを選択することで、さらに小さい構成とすることが可能。
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※ 無 人力で可搬できる範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本構成としてカメラと制御PC間を3mのUSBケーブルで接続した場合。USBケーブルの範囲(2.5m)(カメラと制御PC間)で可動可能。必要な長さのUSBケーブルを選択することが可能。(USBケーブルの帯域によって制限あり)</li> <li>2名の作業員でカメラと制御用PCを同時に動かすことで、任意の場所に移動させることが可能。</li> <li>1名の場合は、制御用PCの撮影ソフトウェアを立ち下げてからカメラを接続しているUSBケーブルを外すことで、それぞれを分離して移動させることが可能。</li> </ul>
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

## 4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※	無	・画面内方向変位によって、計測対象表面が画面外に完全に出ないこと(撮影距離10m時630mm以内) ・被写界深度以上の奥行き方向変位が発生しないこと(撮影距離10m時500mm以内)	
		画面内方向変位(x、y方向) 画面奥行き方向変位(z方向) 回転量	未検証 未検証 未検証		
	校正方法	—		—	
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※		—
		検出感度	検証の有無の記載 ※		—
	S/N比	検証の有無の記載 ※		—	
	分解能	検証の有無の記載 ※	無	撮影距離10m以内の条件において、 ・画面内方向変位(x、y方向)：計測対象表面での1画素相当量の約1/15～1/30程度 ・画面奥行き方向変位(z方向)：計測対象表面での1画素相当量の1/3程度 ・画面奥行き方向を軸とした回転角(rot方向)：0.2 mrad	計測対象表面が画面の半分以上を占めるように撮影すること ・計測対象表面での1画素相当量300 $\mu$ m程度であること ・計測対象表面に追跡できる模様が一様に存在すること ・計測対象表面が平面に近い形状であること ・照明安定環境下、温度安定環境下で撮影すること ・雨、雪、陽炎などが映りこまないこと ・できるだけ正対して撮影すること(撮影角度は30度まで) ・カメラを固定して撮影すること
		検証の有無の記載 ※	有		
	計測精度	撮影距離0.5～1mの実証現場での検証において 画面内方向変位(x、y方向)の相対差 5.7 $\mu$ m (10.00%) 画面奥行き方向変位(z方向)の相対差 9.2 $\mu$ m (2.18%) 回転量の相対差 0.12 mrad (224.90%)			
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※		—	
位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※		—		
色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載 ※	有	(照度:112lx) グレースケール識別可能		

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

## 5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	道路幅員条件	・路面への進入はなし。 ・車両確認による合図を行う場合は、車両が観察できる位置(歩道・のり面など)に合図者が立ち、計測作業者へトランシーバなどで合図を出す。	—
	桁下条件	・人が進入できる箇所 (長さ750mmの三脚を持って移動できる箇所)	—
	周辺条件	・計測対象表面に追跡可能な模様があること ・数秒間の計測時間中に大きな環境光変動が発生しないこと ・計測対象表面に局所的な照明変化(水面からの反射光など)が発生しないこと ・カメラ-計測対象表面間に雨粒や雪、植物、昆虫などが入り込まないこと	・模様がない場合は、スプレー等で模様をつけることで計測可能となる場合がある ・暗くて画像が映らない場合は別途照明を利用することを推奨する ・局所的な明るさの変化・ものの動きを変位として誤算出してしまうため
	安全面への配慮	レーザー距離計を利用する際はレーザー光をのぞき込まないこと。人や車道へは向けない事。	—
	無線等使用における混線等対策	特になし	—
	道路規制条件	特になし	—
	その他	特になし	—

計測・モニタリング技術(橋梁)

5. 留意事項(その2)

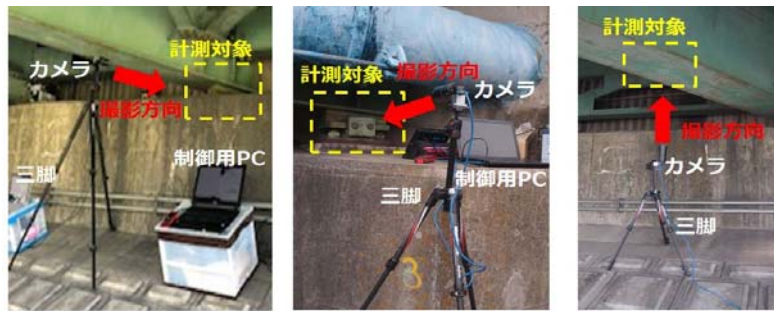
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	OJTIによる説明・講習を受け、撮影方法や注意点を習得した者が調査対応することが望ましい。	—
	必要構成人員数	制御用PCの操作者1人、補助者(車両通過の合図出し等):1名 合計2名	—
	操作場所	特になし	—
	計測費用	(川金・NECが下記作業を行う場合) ・計測作業 45万円/日(計測作業日数) ・解析・報告書作成作業 50万円/日(計測作業日数)	・経費(交通費・機材輸送費等)は別途要求 ・1~2径間程の小規模橋梁の場合、1~2橋梁/日の計測が可能
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	特になし 車両検知センサを利用した自動測定は一部利用可能	—
	利用形態:リース等の入手性	計測作業及び解析・報告書作成作業を川金・NECが請負で実施。	・別の提供メニューも必要に応じて対応。要相談。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	必要に応じて別途ご契約	—
	センシングデバイスの点検	必要に応じて別途ご契約	—
その他	特になし	—	



6. 図面



図1 動画画像計測システムの基本構成(最小構成)



Case.1 支承の上咨を橋軸方向から撮影  
Case.2 支承の上咨を橋軸直角方向から撮影  
Case.3 支承付近の構造(桁下面等)を撮影

図2 現場での適用事例

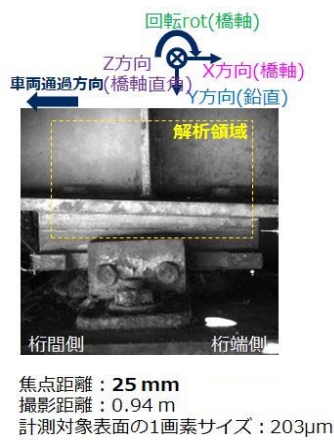


図3 橋軸直角方向から支承の上咨を撮影した例 (Case.2の事例)

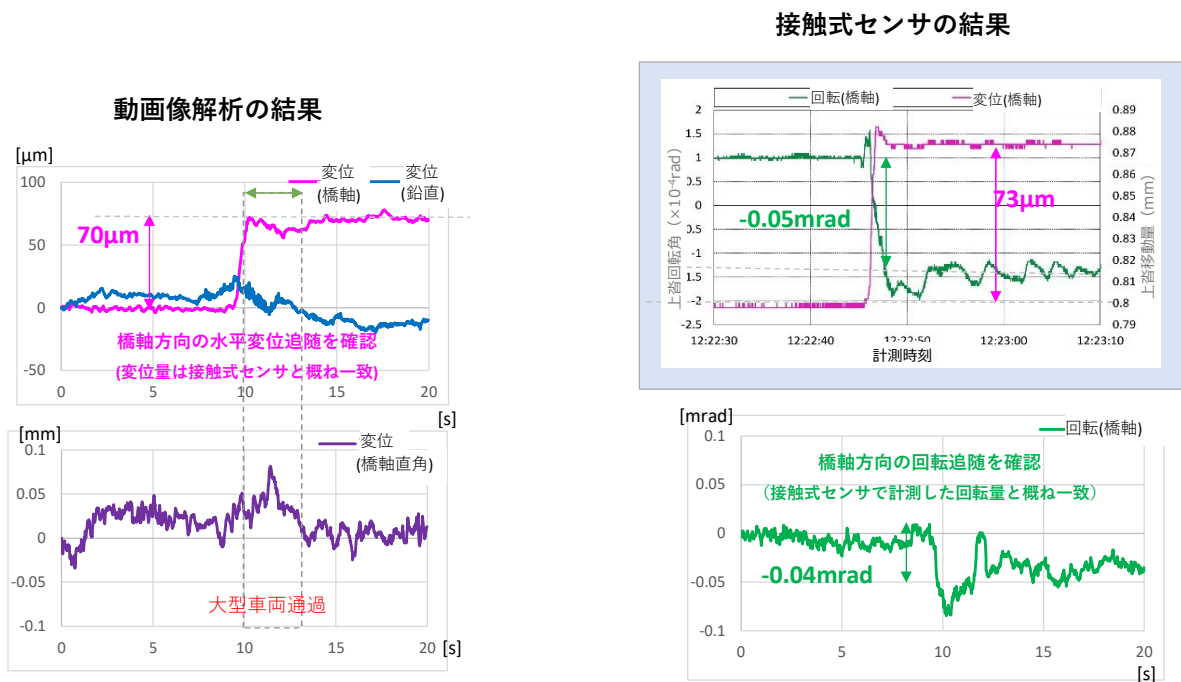


図4 Case.2 橋軸直角方向から支承の上咨を撮影した時の変位解析結果 (接触式センサとの比較例)

計測・モニタリング技術(橋梁)

1. 基本事項

技術番号	BR030013-V0020		
技術名	永久磁石を用いたPCケーブル張力の計測技術		
技術バージョン	1.0	作成: 2020年 3月	
開発者	住友電気工業株式会社 特殊線事業部		共同開発者: 東京製綱株式会社 TEL: 03-6366-7733 E-mail: yajima.takashi@tokyorope.jp
連絡先等	TEL: 03-6406-2812	E-mail: nakaue-shinji@sei.co.jp	中上 晋志
現有台数・基地	15.2mmECFストランド用: 1台 15.7mm高強度ECFストランド用: 1台	基地	兵庫県伊丹市昆陽北1-1-1
技術概要	<p>本技術は磁気応力効果(磁歪の逆効果)を原理とするPCケーブルの張力計測技術であり、主な用途はPCケーブルの緊張時の張力の計測、およびその後の張力の長期的なモニタリングである。</p> <p>本技術は永久磁石を備える計測装置によりPC鋼より線を磁化し、PC鋼より線の磁化の変化に伴うPC鋼より線近傍の磁束密度をホール素子により計測する。計測された磁束密度はデータ収集装置にて記録され、実験的に求められた磁束密度-張力の関係式により張力に換算され出力される。</p> <p>本技術はPC鋼より線への励磁に永久磁石を用いており、計測装置とデータ収集装置を合わせた重量が約3kgであり作業員1名での運搬・設置が可能であること、励磁に電力が不要であり乾電池でも駆動できることなどの特長を有する。</p>		
技術区分	対象部位	外ケーブル	
	検出原理	磁気応力効果(磁歪の逆効果)	
	検出項目	張力(磁束密度)	

2. 基本諸元

計測機器の構成	<p>本計測機器はPC鋼より線に設置する計測装置と、計測の制御、出力のデジタル値化および記録を行うデータ収集装置、付属品としてパソコンと接続するためのUSBケーブルからなる。</p> <p>計測装置は永久磁石とPC鋼より線周囲の磁束密度の変化を捉える磁束計測ICを備える磁化器、磁気漏洩を防止する遮蔽器、遮蔽器を固定するステンレスバンドから構成される。データ収集装置は樹脂製の筐体に収納されたA/D変換器やストレージ、電源等の制御を含む電子回路から構成される(6.図面 参照)。</p> <p>パソコンでの計測およびデータダウンロード時に使用する専用ソフトウェアは住友電気工業様より提供する。</p>		
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
動力	-		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	<p>・計測装置を構成する磁化器および遮蔽器は半割形状をしており、PC鋼より線を挟み込む形で設置する。磁化器の内部に備えた永久磁石によりPC鋼より線に吸着する。遮蔽器はPC鋼より線に設置した磁化器を覆う形で取付け、ステンレスバンドにより側面を締込み固定する。計測装置とデータ収集装置は電気ケーブルで接続する。</p> <p>・計測装置は鋼より線単体に設置する方式であるため、PC鋼より線を束ねて構成するPCケーブル(以下、マルチストランドケーブル)に設置する場合にはPC鋼より線単体に計測装置を取付けるためのスペースを確保する必要がある。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	外径56mm×124mm(円筒形、ケーブル除く)、重量約3kg	
	センシングデバイス	ホール素子	

計測・モニタリング技術(橋梁)

計測装置	計測原理	<p>本計測技術では、計測装置設置部のPC鋼より線の近傍の磁束密度を計測することでPC鋼材の応力状態を計測することができる。</p> <p>計測装置をPC鋼より線に設置すると、計測装置内部の永久磁石により設置部のPC鋼より線が磁化され、計測装置およびPC鋼より線による磁場が形成される。PC鋼より線内の磁化は応力により変化するが、その影響によりPC鋼より線周囲の磁束密度も変化するため、その磁束密度をホール素子により計測することによりPC鋼より線の応力状態を検知できるというのが本計測技術の原理である。ホール素子で計測された磁束密度は電圧値としてデータ収集装置に保存され、実験的に求められた磁束密度-張力の関係式から張力に変換される。</p>
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本技術はPC鋼より線単体に計測装置を設置する方式であるため、マルチストランドケーブルに設置する場合にはPC鋼より線単体に計測装置を取り付けるためのスペースを確保する必要がある。</li> <li>・張力の作用によるPC鋼より線の磁化の変化はPC鋼より線の組成に依存するため、測定対象と同組成で、かつ同製造工程同製造会社にて製造されたサンプルを用いて事前に校正を行う必要がある。</li> <li>・対象のPC鋼より線に腐食の可能性がある場合、腐食部は非磁性となり断面欠損として認識されるため本計測技術を適用することはできない。</li> <li>・PC鋼より線に永久ひずみが発生している可能性がある場合、本技術の計測精度を確保できないため適用することはできない。</li> </ul>
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・磁気を用いた測定原理であるため、対象となるPC鋼より線に磁化を与えるものが周囲にある場合には計測不能になる可能性がある。</li> <li>・本計測技術は温度による永久磁石の磁化の変化による出力の変化を事前の校正により補正するが、急激な温度変化が生じた場合には誤差が生じる可能性がある。</li> <li>・PC鋼より線の樹脂被覆厚による永久磁石とPC鋼より線の相対位置のばらつきや、PC鋼より線の断面積のばらつきなどによる誤差が発生する可能性がある。この誤差はPC鋼材の緊張前にあらかじめ初期値(0kN)を記録することにより補正することが可能である。</li> </ul>
	計測プロセス	<p>(1)事前校正(住友電気工業㈱にて実施)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①温度サイクル実験を実施し、実験的に温度-磁束の関係式を導出する。</li> <li>②緊張実験を実施し、実験的に張力-磁束の関係式を導出する。</li> <li>③データ収集装置内に関係式を記録する。</li> </ol> <p>(2)現地での計測プロセス</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①PCケーブルに計測装置を設置する。計測装置をデータ収集装置に接続する。</li> <li>②専用ソフトウェアをインストールしたパソコンをUSBケーブルで計測装置に接続する。</li> <li>③(PCケーブル緊張前に設置した場合)初期値記録を行う。</li> <li>④計測インターバルを設定し、計測開始状態に変更する。</li> <li>⑤パソコンを計測装置から取り外す。(計測が開始され、自動的にデータが計測される)</li> <li>⑥(データをパソコンへダウンロードする場合)パソコンをUSBケーブルでデータ収集装置に接続し、記録されたデータのダウンロードを行う</li> </ol>
	アウトプット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測日時および張力値のデータは.csvファイルにて保存される。保存されたデータはUSBケーブルでパソコンに接続しダウンロードできる。</li> <li>・現地でのデータダウンロードに要する時間は、計測準備に10分、計測に5分、データ確認に5分程度を要する。</li> </ul>
	計測頻度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置内のストレージに記録する場合：1分1回～2日1回(頻度は7パターンより選択可)</li> <li>・パソコンを接続した状態で記録する場合：最小1秒1回(頻度は秒単位で任意に設定可)</li> </ul>
	耐久性	—
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源：電気式</li> <li>・電源供給容量：乾電池(単三電池×2本)、もしくはパソコンからUSBケーブル経由での電力供給</li> </ul>
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乾電池による駆動の場合：約2年(1日に1回計測の場合、乾電池の電力容量による)</li> <li>・パソコンからUSB経由での電力供給の場合：パソコンの電力容量による</li> </ul>
データ収集・通信装置	設置方法	計測装置とは通信線で接続する。
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	長さ92mm×幅67mm×高さ28mm(コネクタ部除く)、重量約200g(乾電池除く)
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ収集装置内の内部ストレージに記録</li> <li>・2000データまで記録可</li> <li>・データはCSV形式にてUSBケーブルで接続することでパソコンへダウンロード可(専用ソフトウェアを使用)</li> </ul>
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	—
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	—
	動力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力源：電気式</li> <li>・電源供給容量：乾電池(単三電池×2本)、もしくはパソコンからUSBケーブル経由での電力供給</li> </ul>
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	・約2年(1計測/日の場合、単3形アルカリ乾電池を使用した場合の一例)



計測・モニタリング技術(橋梁)

3. 運動性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
構造物近傍での安定性能(飛行型のみ)	検証の有無の記載 ※	—	—
狭小進入可能性能	検証の有無の記載 ※	—	—
最大可動範囲	検証の有無の記載 ※	—	—
運動位置精度	検証の有無の記載 ※	—	—

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載 ※ 有 0kN~0.9Py	・Py:PC鋼より線の0.2%永久ひずみに対する耐力 ・測定対象と同組成を持ち、かつ同製造工程同製造会社にて製造されたサンプルを用いて事前に校正を行う必要がある。 ・-10℃~50°	
	校正方法	緊張試験によるPC鋼より線の張力と磁束密度の換算係数の導出、および温度サイクル試験に基づく温度補正係数の導出を行い適用する。住友電気工業㈱で実施する。	—	
	感度	検出性能	検証の有無の記載 ※	—
	検出感度	検証の有無の記載 ※	—	
	S/N比	検証の有無の記載 ※	—	
	分解能	検証の有無の記載 ※ 有 0.1kN	・データ収集装置より出力される張力値の最小出力単位 (6. 図面 図-3 参照)	
	計測精度	検証の有無の記載 ※ 有 ・応力履歴性による誤差:フルスケールの±3% ・再現性による誤差:フルスケールの±5% ・温度依存性誤差:フルスケールの±5%	再現性についてはPC鋼より線の緊張前の初期値記録により補正が可能である。	
	計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	
	位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	
	色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載 ※	—	

※ 性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

計測・モニタリング技術(橋梁)

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
点検時現場条件	道路幅員条件	計測時人員が対象計測装置にアクセスできること	—
	桁下条件	計測時人員が対象計測装置にアクセスできること	—
	周辺条件	対象PC鋼より線に磁気影響を与えるものがないこと	—
	安全面への配慮	磁化器が永久磁石によりPC鋼より線に吸着するため、指を挟まないよう注意すること	手袋などを着用する
	無線等使用における混線等対策	無し	—
	道路規制条件	計測時人員が対象計測装置にアクセスできること	—
	その他	—	—

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特に無し	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人 合計2名	—
	操作場所	計測装置設置場所	—
	計測費用	販売:1,328,000円/式 リース:100,000円/箇所	マルチストランドケーブルに設置する場合、スペーサーなどは別途必要となる
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	自律制御有(設定された計測インターバルにて自動計測)	—
	利用形態:リース等の入手性	購入可、リース可	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	住友電気工業㈱が不具合に対応	—
	センシングデバイスの点検	特に点検は不要	—
	その他	計測時に計測支援のための住友電気工業㈱の技術者の出向が可能	—

6. 図面

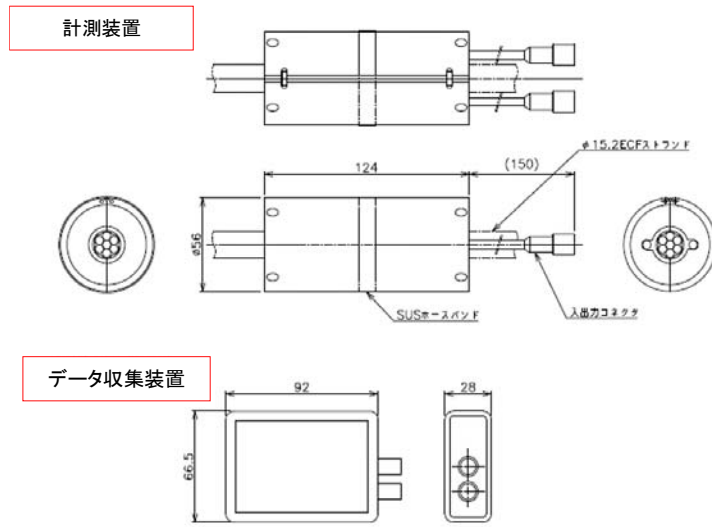


図-1 計測装置およびデータ収集装置

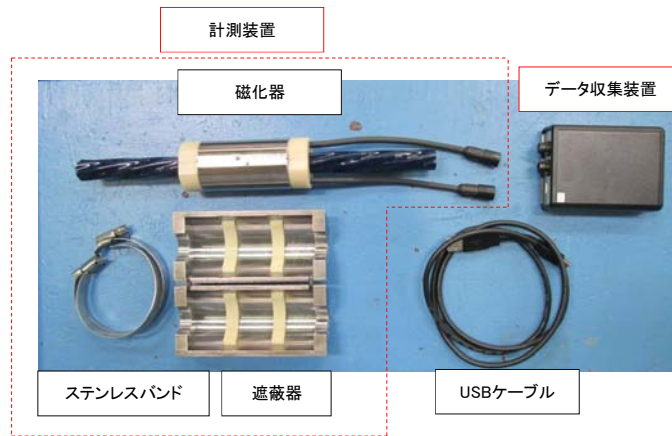


写真-1 計測装置およびデータ収集装置の構成



図-2 マルチストランドケーブルへの設置イメージ

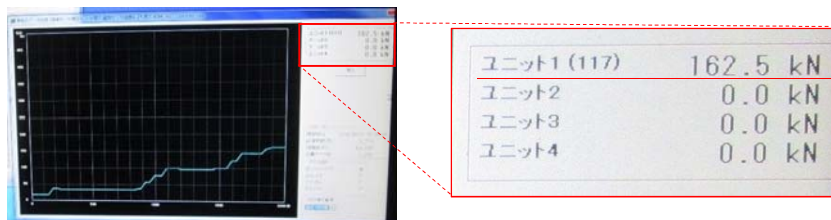


図-3 出力画面(パソコンに接続し出力した場合の一例)

# 性能カタログ

## ■計測・モニタリング技術（トンネル）

計測・モニタリング技術(トンネル)

1. 基本事項			
技術番号	TN030001-V0020		
技術名	OSVを活用したトンネル附属物の監視技術		
技術バージョン	Ver. 1	作成:2020年3月	
開発者	パシフィックコンサルタンツ(株) 神戸大学 OSV研究会		
連絡先等	TEL: 03-6777-4763	E-mail: tn-mimm@ss.pacific.co.jp	担当:交通基盤事業本部 インフラマネジメント部
現有台数・基地	注文生産	基地	-
技術概要	<p>光ファイバーを用いたOSVセンサー(現場可視化技術)により照明灯具等の附属物の脱落の異常を監視するものである。</p> <p>本技術は、附属物の取付部材の腐食が進行し、監視を必要とするようなものを対象とし、計測対象附属物の取付金具の一部に破断等が発生した場合、附属物等に発生する変位をOSVセンサーにて検知するものである。</p> <p>定期点検時に監視対象の照明等の附属物に設置し、徒歩による日常パトロールや定期点検においてセンサーの発光色の変化で異常の有無を確認し、異常が認められた場合は速やかに近接目視等で点検を行い措置もしくは撤去、交換を行うことを前提としている。</p> <p>なお、神戸大学OSV研究会では、任意データが安全側から危険側へ変化することを、光の色の変化として表現する方法をとっている。例えば、3段階表示の場合は、青(もしくは緑)⇒黄⇒赤、5段階表示の場合は青⇒水色⇒緑⇒黄⇒赤と表示することを標準としている。</p>		
技術区分	対象部位	照明灯具、大型標示板、ジェットファン等の取付部材等の異常(腐食等)に至る変位監視	
	検出原理	光ファイバーを用いたOSVセンサーの発光色の変化による	
	検出項目	可視光(センサー内部に光の三原色RGBのフィルムを設置することで変位に同調した色調変化の確認)	

2. 基本諸元			
計測機器の構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光ファイバー(直径Φ2mm) 5m×2本</li> <li>・センサー本体 1個</li> <li>・センサーフィルム 1個</li> <li>・強力両面テープ 適量</li> <li>・光ファイバー固定材 適量</li> </ul>		
移動装置	移動原理	-	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
	外形寸法・重量	-	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	-	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-		
計測装置	設置方法	高所作業車等を用いて光ファイバーをコンクリートアンカーもしくは強力両面テープで覆工コンクリートに固定する。検知対象の附属物には強力両面テープで固定する。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	光ファイバーの直径は、Φ2.0mmを標準とする。 延長は1本当たり5m程度を標準とする。	
	センシングデバイス	光ファイバー、LED懐中電灯等の照明(手元から入力側の光ファイバーに白色光を入力する)	
	計測原理	<p>本技術は、2本の光ファイバーをセンサー本体で接続し、センサー本体内で2本の光ファイバーの間にRGBの着色をしたフィルムを設置する。センサー本体は、覆工コンクリートに固定し、着色フィルムは、対象とする附属物等に固定する。対象の附属物等の取付部材の一部が破断等により変位が生じたときにその変位量に同調した発光色を確認することで、脱落の危険性を判断するものである。</p> <p>フィルムは同心円状に内側から青(直径2mm)、緑(直径6mm)、赤(フィルム本体色)としており、変位に応じて青⇒水色⇒緑⇒黄色⇒赤と発光色に変化するものである。</p>	

計測・モニタリング技術(トンネル)

計測装置	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>OSVのセンサーを覆工コンクリートおよび附属物等に設置可能な状態であること。</li> <li>多量漏水箇所、素掘トンネル等では、センサーの固定に問題が生じるため適用不可となる。</li> <li>多量の漏水によりセンサーに水が浸透する場合は、センサーの発色が適正にできない場合がある。</li> <li>OSVセンサーフィルム部と対象の附属物の固定を強力粘着テープ等で確実にすること。</li> <li>OSVセンサー本体は、コンクリートアンカーもしくは強力粘着テープ等で確実に覆工コンクリートに固定すること。</li> </ul>
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>可視光を確認するため、光ファイバーの端部が汚れている場合は検知できないおそれがある。</li> <li>光ファイバーの固定部分に不良がある場合は、検知できないおそれがある。</li> <li>漏水、遊離石灰がコネクター部に浸透すると減光や遮断の恐れがある。</li> <li>照明等の附属物が取付金具の腐食等で脱落する際にセンサー設置部で1mm以上の変位が発生しない場合は検知できない場合がある。</li> </ul>
	計測プロセス	<p>① 徒歩による日常パトロール、定期点検の際にLED懐中電灯等により白色光を入力側光ファイバーに照射させることを想定している。</p> <p>② 2本の光ファイバーとOSVセンサーで構成されたセンサーをトンネル内附属施設と近傍の覆工コンクリートに設置する。光ファイバーの設置の概念図を「6. 図面」に示す。</p> <p>③ 附属物の脱落を可視光の変化により確認する。</p> <p>④ センサーからの発色は正常時は青であるが、変位が発生すると青⇒水色⇒緑⇒黄色⇒赤と変化する。</p> <p>⑤ 赤となった場合は、5mm以上の変位が発生しており、少なくとも1箇所の取付部材が破断等の異常が発生している状況である。</p>
		<p>a) 正常時</p> <p>b) 異常時</p>
	アウトプット	出力側光ファイバーの可視光の発光色
	計測頻度	日常パトロール、定期点検等の適宜実施
耐久性	5年程度	
動力	-	
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	-	
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	-
データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-	

計測・モニタリング技術(トンネル)

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—
障害物回避	—	—

4. 計測性能

項目	性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件		
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	検証の有無の記載※	有	付属物等が脱落する際に変位を生じること。	
		最大5mm、(青～緑～赤の変位で確認)			
	感度	校正方法	—		—
		検出性能	検証の有無の記載※	有	発光色を確認するため、暗所であること。
			・付属物に1mm程度以上の変位が発生した場合に、概ね1mm程度の間隔で変位を検知		
	検出感度	検証の有無の記載※	有	入力する光源が白色であること。また、十分な光量が必要のため、高輝度なLED懐中電灯等を用いること。	
	S/N比	検証の有無の記載※	無	—	
		—			
	分解能	検証の有無の記載※	有	変位1mmに対応した発光色のカラーチャートとの比較とする。	
	計測精度	検証の有無の記載※	有	入力する光源が白色であること。また、十分な光量が必要のため、高輝度なLED懐中電灯等を用いること。	
計測速度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載※	無	—		
位置精度 (移動しながら計測する場合)	検証の有無の記載※	無	—		
色識別性能 (画像等から計測する場合)	検証の有無の記載※	無	—		
	—				

※性能検証を実施している場合は「有」、実施していない場合は「無」と記載する。「有」の場合は、根拠となる資料を巻末に添付する。

計測・モニタリング技術(トンネル)

5. 留意事項(その1)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	作業範囲	・設置時は、側壁から天端(附属物の設置高さまで) ・点検時は、監視員通路もしくは監査路の路面より高さ1.5m程度の側壁。	—
	安全面への配慮	・アンカー等による固定が必要となるため、落下に留意 ・附属物の材質を確認し、異種金属腐食が発生しないことを確認	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	・設置、撤去時は片側規制が必要 ・点検時は不要	—
	交通規制の範囲	・設置、撤去時は、設置位置前後30m程度。ただし、安全面に配慮してトンネル内の全線の片側規制を原則とする。 ・点検時は不要。	—
	現地への運搬方法	・設置時は、車両にて資機材を運搬 ・点検時は、LED懐中電灯のみとなるため、徒歩で可能	—
	気温条件	・特になし	—
	トンネル延長の制約	・特になし	—
	車線数の制約	・設置時は、1車線分の作業範囲を要する	—
	断面形状の制約	・特になし	—
	その他	コネクタ一部に漏水、遊離石灰等が付着しないように留意	—

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	トンネル維持管理の経験を有する技術者	—
	必要操作人員数	設置時は、現場責任者1人、機器設置主任1人、補助員1人 合計3名	—
	操作に必要な資格等の有無	設置時は、高所での作業となるため、高所作業車運転資格	—
	操作場所	高所作業車上	—
	計測費用	設置材料費20,000円/箇所 設置費 150,000円/日(1日当たり5~10箇所設置可能) 計測は道路管理者(日常パトロール等)による	—
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし(夜間作業は可)	—
	計測時の走行速度条件	—	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	車両から対象部位までの距離条件	—	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	—
	可搬性(寸法・重量)	・特になし	—
	自動制御の有無	なし	—



計測・モニタリング技術(トンネル)

作業条件・運用条件	利用形態:リース等の入手性	購入品のみ	—
	関係機関への手続きの必要性	・設置時は、交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。 ・計測時は、監視員通路、監査路もしくは歩道からの作業のため不要。	—
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	—	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	なし	—
	センシングデバイスの点検	定期点検等の高所作業時にコネクタや取付部材の状態を確認。 光ファイバーの端部の汚れを除去。	—
	その他	—	—

6. 図面

本カタログは、図-1に示す3段階の開発のうち、フェーズ1の段階である。

【フェーズ1】

入力側の光ファイバーに手元からLED懐中電灯の白色光を入力し、出力側の光ファイバーの発光色を手元で確認する。

【フェーズ2】

対象の照明灯具から入力側の光ファイバーに入力し、出力側の光ファイバーの発光色を手元で確認する。

【フェーズ3】

対象の照明灯具から入力側の光ファイバーに入力し、出力側の光ファイバーの発光色を日常パトロールの車上から確認

図-1 本技術の開発段階

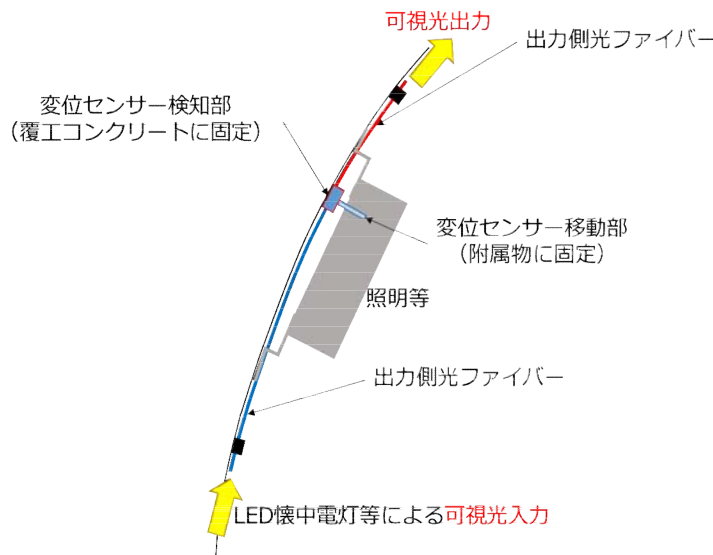


図-2 設置模式図

表-1 OSVセンサー(出力)の発光色とセンサー部変位の関係例

変位	0mm	1mm程度	2mm程度	3mm程度	4mm程度	5mm以上
OSVセンサーの発光色						

# 性能カタログ


## ■データ収集・通信技術

1. 基本事項

技術番号	CM010003-V0020		
技術名	電源不要で変位・応力・荷重等のデータをスマホで確認可能な計測モニタリング技術		
技術バージョン	ST-COMM 1.0	作成：2020 月 3 月	
開発者	CACH株式会社		
連絡先等	TEL: 050-3701-8901	E-mail : info@cach-inc.com	最高執行責任者 石川幸祐
現有台数・基地	約50台	基地	東京都品川区
技術概要	<p>【概要】ひずみセンサ(120Ω)か4線式ひずみ変換器を小型の通信機に接続すると、無線でデータを取得して遠隔から計測結果を継続的に確認できる技術。</p>  <p>対象物にセンサと通信機を設置して変形データを計測 → データをクラウドに保存 → データをスマホやPCで確認 ※アラートメールも可能</p> <p>【特徴】本技術は以下のような特徴がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・片手でもちはこべる小型軽量(長さ160mm×幅80mm×高さ56mm 重量約500g)</li> <li>・外部電源不要(バッテリー内蔵・交換可能)</li> <li>・年単位での長期計測</li> <li>・PC、スマホ、タブレットでデータの確認が可能</li> <li>・PC、スマホ、タブレットから計測間隔の設定変更が可能</li> <li>・土木業界で実績があるひずみセンサ・変換器をセンサとして接続可能</li> </ul>		

2. 基本諸元

データ収集・通信装置	設置方法	<p>センサと通信機を有線で接続して通信機内部の電源を入れる</p>  <p><b>通信機とセンサの接続</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通信機のフタをあげる</li> <li>2. 通信機の4つあるコネクタよりセンサのケーブルを内部へ挿入する</li> <li>3. 挿入されたケーブルを端子台に結線する</li> <li>4. 内部にある通信機の電源を入れる</li> <li>5. 通信機のフタをしめる</li> </ol>
		<p>通信機を現場付近に固定する</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>平置き</p>  </div> <div> <p>テープで設置</p>  </div> <div> <p>ケースに入れ壁面に設置</p>  </div> </div> <p>ネジでの設置 (壁にネジの穴を使用)</p>  <p>磁石での設置 (壁にネジの穴を使用)</p>  <p>マジックテープでの設置</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信機は縦置き、横置きでも可能</li> <li>・通信機はIP54相当のため屋外でも利用可能</li> <li>・通信機の設置においては、落下防止対策や無線通信テストを推奨</li> </ul>

<p>外形寸法・重量</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信機の寸法:長さ160mm×幅80mm×高さ56mm (突起部及びセンサを除く)</li> <li>通信機の重量:0.5kg (電池含む)</li> </ul> 
<p>データ収集・記録機能</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測毎にデータをクラウドへ保存する。本体へのデータ記録機能はない。</li> <li>クラウドのデータは専用の管理画面にて表示・ダウンロードが可能。</li> <li>専用の管理画面の利用には弊社発行のユーザーIDとパスワードが必要。</li> </ul>
<p>データ収集・通信装置 装置の適用条件</p>	<p>・本技術の通信機と接続できるセンサはひずみ式変換器、ひずみセンサになる。</p> <div data-bbox="496 907 1353 1238" data-label="Diagram"> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>通信機1台に接続できるセンサ数 ひずみ式変換器 : 2つまで。 ひずみセンサ : 4つまで。 ※ひずみセンサは1ゲージ法2線式120Ωか1ゲージ法3線式120Ωのみ。</li> <li>ひずみ式変換機接続 実績 T社製:高感度変位計/巻込型変位計/亀裂変位計 K社製:ダイヤル型変位計 ※4ゲージ式変換機は基本的に接続可能です。適用可能な変換機について、お気軽にお問合せください。</li> <li>無線通信を用いてデータ伝送することから、電波状況によってはデータの欠損やデータ取得できない場合がある。</li> <li>防滴性:IP54相当 使用温度範囲:-10℃ ~ +50℃ 保存温度範囲:-20℃ ~ +60℃</li> </ul>
<p>通信規格</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信方法 無線 (Sigfox)</li> <li>通信規格 920MHz帯</li> <li>通信速度 上り/100bps・下り/600bps</li> <li>通信距離 数十km程度(障害物や見通しの距離によって異なる)</li> </ul>
<p>セキュリティ</p>	<p>【通信】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>認証方式:シーケンス番号認証によるなりすまし防止</li> <li>Message Authentication Code認証による改ざん防止と送信者の認証</li> </ul> <p>【クラウド】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IPA「セキュリティ実装チェックリスト 第7版」適用</li> </ul>
<p>動力</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>内蔵バッテリーのみ対応</li> </ul>
<p>データ収集・通信可能時間</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ伝送頻度及びセンサ仕様によりバッテリーでの稼働時間は以下のように異なる。</li> <li>1日 4回測定(6時間間隔)だと5年程度</li> <li>1日 24回測定(1時間間隔)だと1年未満</li> <li>1日1440回測定(3分間隔)だと1ヶ月程度</li> </ul>

3. 留意事項(その1)

項目	適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)	
点検時現場条件	周辺条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信エリア (sigfox) 内での利用が望ましい。</li> <li>・通信エリア外の場合は、簡易基地局 (AC電源が必要) を用いることで通信確保が可能。ただし、携帯電話 (3G/LTE) サービス圏内に限る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信機使用温度範囲: <math>-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}</math></li> <li>・変換機の使用条件は異なるため、確認が必要</li> </ul>
	安全面への配慮	計測中は必要に応じて注意喚起の看板の設置 センサ設置部への立ち入り制限 等	センサ部は精密機器のため、不要な外乱を受けないことが前提となる。また、センサのリード線が露出するため、関係者以外が付近に入場する場合は厳重に養生をする必要がある。
	無線等使用における混線等対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発信する電波の周波数を変動させながら使用 (キャリアセンス) することで、受信しやすくしている</li> <li>・携帯電話のように1電話が1基地局受信ではなく、複数基地局との交信による通信安定化</li> <li>・狭帯域信号特性の採用による電波干渉の低減</li> </ul>	—
	道路規制条件	装置の設置・撤去時は基本的に交通規制不要。ただし、状況に応じて必要の可能性はある。	—
	その他	—	—

3. 留意事項(その2)

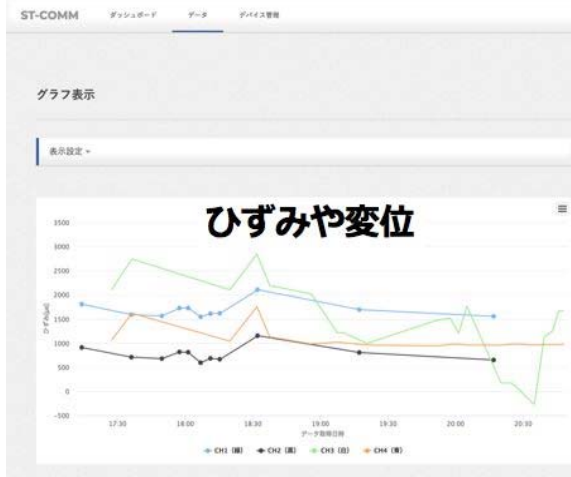
項目	適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)	
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	通信機本体への設置技術は特に無し。 接続するセンサに関しては必ずみセンサメーカーの講習受講を推奨する。	—
	必要構成人員数	現場責任者1人、作業者1人、 合計2名	—
	操作場所	特に不要	—
	データ収集・転送費用	レンタル(最低契約期間:3か月間) 月額 40,000円/台(税別)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無線 (Sigfox) 通信費用、管理画面での閲覧費用、サーバ使用料、CSVでのデータダウンロード含む。</li> <li>・センサ代金は含まれない。利用者側にて選定・購入</li> </ul>
	保険の有無、保障範囲、費用	保険には加入していない	—
	自動制御の有無	有	初期設定後は自動的に計測し続ける。その後、管理画面から計測間隔の変更やおよそのバッテリー残量の確認ができる。
	利用形態:リース等の入手性	通信機はレンタルのみ	センサは使用者側にて購入
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	メールサポート、電話サポートあり。通信機の初期不良については通信機を返送し、代替機の発送も可能。	—
その他	使用についての詳細は利用規約を参照する。	—	

4. 図面

管理画面（データや設定変更ができるPCやスマホでみられる画面）

管理画面：グラフでのデータ確認

管理画面：スマホで計測間隔の変更



デバイスID	パラメータ設定	計測間隔の変更		起動設定
		測定間隔	測定間隔単位	
75CCB5	非常送信設定	1	時間	一時停止する
75CEOE	非常送信しない	1	時間	定常
75CE2C	非常送信しない	1	時間	定常
76549A	非常送信しない	1	時間	定常
765620	非常送信しない	1	時間	定常

※管理画面で通信機のバッテリー残量を確認することも可能

管理画面：表形式（時刻歴）でのデータ確認とcsv出力機能

stgfox到着時刻	データメモ	非常送信設定	通常送信/非常送信	Ch3 ゼロリセット	Ch3 ひずみ[μe]	Ch4 ゼロリセット	Ch4 ひずみ[μe]	温度[℃]	湿度[%]
2018/10/12 10:42:05		非常送信しない	通常送信	<input type="checkbox"/>	-23	<input type="checkbox"/>	28	26.6	54
2018/10/12 09:41:44		非常送信しない	通常送信	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	50	28.5	53
2018/10/12 08:41:21		非常送信しない	通常送信	<input type="checkbox"/>	22	<input type="checkbox"/>	62	29.1	53
2018/10/12 07:40:57		非常送信しない	通常送信	<input type="checkbox"/>	27	<input type="checkbox"/>	65	29.1	53
2018/10/12 06:40:35		非常送信しない	通常送信	<input type="checkbox"/>	41	<input type="checkbox"/>	81	29.1	53

データ受信日時

受信日時ごとのデータ

本技術の設置例

※画像はイメージです



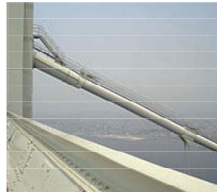
橋梁（支承）の変位  
モニタリング

K社製 ひずみ式変換器  
ダイヤル式変位計



橋梁（桁）の応力  
モニタリング

T社製 ひずみセンサ  
120Ω 3線式鉄鋼用



ケーブルのひずみ  
モニタリング

T社製 ひずみセンサ  
120Ω 3線式鉄鋼用



トンネルのひび割れ幅  
モニタリング

T社製 ひずみ式変換器  
T社製 亀裂変位計



ロックボルト付近のひずみ  
モニタリング

T社製 ひずみセンサ  
120Ω 3線式コンクリ用

# 確認シート

## ■画像計測技術（橋梁）



技術番号 BR010003-V0020

技術名 構造物点検調査ヘリスシステム

開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和2年 1 月 16 日

天候 曇り

気温 13.2 °C

風速 1 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験フェーズ 2

試験で確認する  
カタログ項目 撮影速度  
最小・ひびわれ精度  
色識別性能

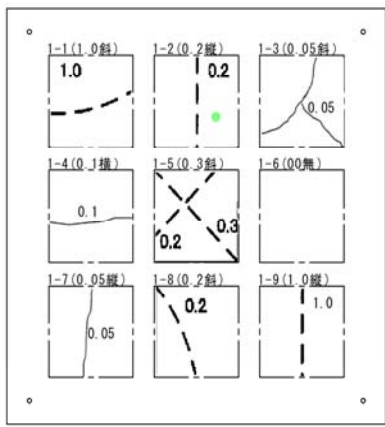
対象構造物の概要

※検証試験体

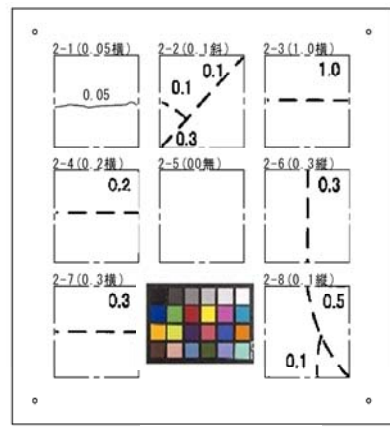
- ・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネル及びひびわれのないモルタルのパネルの2枚を設置した試験体を用意。
- ・上記試験体の余地に24色カラーチャートを設置。



1-1 (00縦)  
模擬体No. (ひびわれ幅・方向)



NO.1供試体



NO.2供試体



試験方法(手順)

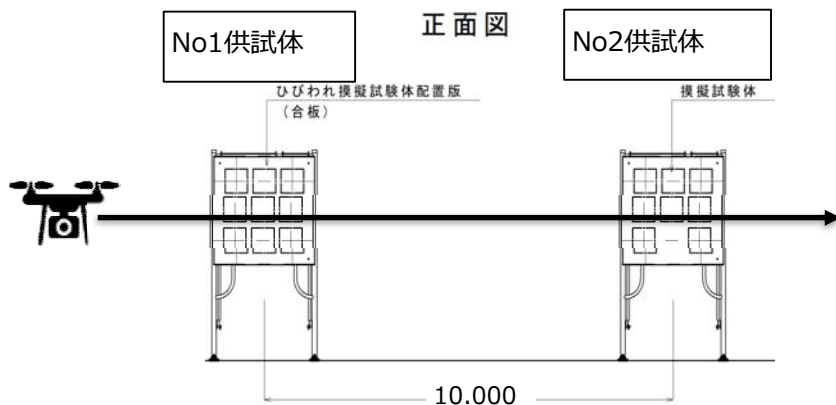
- ① 計測器のセット(写真-1)  
被写体から3mの位置にドローンをセット
- ② NO.1供試体からNO.2供試体間を撮影しながら飛行(写真-2、写真-3)
- ③ 試験体の撮影画像の確認(写真-4)

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

撮影速度



No1供試体～No2供試体の間（10.0m）を通常撮影しながら移動して、  
移動に要した時間（秒）を計測する。

$$\text{速度（撮影速度）} = 10.0\text{m} \div \text{所要時間（秒）}$$






比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況





最小ひびわれ幅・計測精度





各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。





最小ひび割れ幅・計測精度

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

色識別性能

市販の24色のカラーチャートを使用する。  
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。



	真 値		
	R値	G値	B 値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

計測結果の比較

撮影速度

$10.0 \div 49 = 0.20 \text{ m/sec}$

- 検出可能な最小ひびわれ幅: 0.1 mm
- 移動方向に垂直(水平)方向の視野: 36.2437 °
- 移動方向のラップ率: 40 %
- 移動距離: 10 m    ■ 被写体距離: 3 m    ■ 撮影時間: 49 秒
- 風速: 0.6 m/s

最小ひびわれ幅・計測精度

- 撮影速度: 0.20 m/s    ■ カメラ名称: SONY ILCE-7RM3
- 被写体距離: 3 m    ■ 照度: 167.1 lx    ■ 風速: 1.0 m/s
- 気温: 10.2 °C
- 焦点距離: 55 mm    ■ シャッター速度: 1/500-1500 秒
- 絞り: f3.5    ■ ISO値: 100-1600、

最小ひびわれ幅・計測精度

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
撮影画像					
計測値	1.0	0.15	0.1	0.15	0.25
チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
撮影画像					
計測値	ひびわれなし	0.1	0.2	1.1	
チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
撮影画像					
計測値	0.1	0.15	0.95	0.2	
チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
撮影画像					
計測値	ひびわれなし	0.25	0.3	0.1	

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.05
0.1mm	0.040824829
0.2mm	0.028867513
0.3mm	0.040824829
1.0mm	0.064549722

計測結果の比較

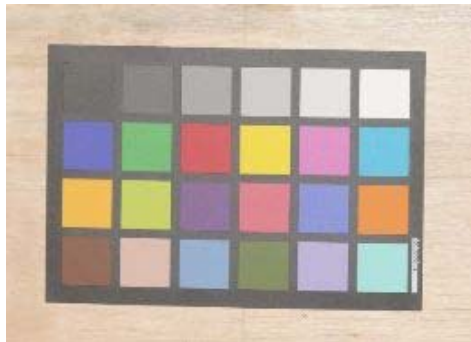
色識別性能

- 撮影速度: 0.20 m/s ■カメラ名称: SONY ILCE-7RM3
- 被写体距離: 3.0 m ■照度: 50.9 lx ■風速: 0 m/s
- 気温: 13.3 °C
- 焦点距離: 55 mm ■シャッター速度: 1/500-1000 秒
- 絞り: f3.5 ■ISO値: ISO800-1600、
- フォーカス: 55 mm ■画像Pixel数: 7952, 5304

真値



開発者撮影



	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	90	41	86	43	85
A-2	80	133	80	128	78	125
A-3	122	173	118	173	116	171
A-4	161	206	157	205	154	203
A-5	202	227	198	227	195	225
A-6	249	242	242	242	238	240
B-1	25	100	55	107	135	195
B-2	57	111	146	194	64	126
B-3	186	215	26	78	51	86
B-4	245	239	205	219	0	68
B-5	192	212	75	126	145	187
B-6	0	100	127	194	159	228
C-1	238	244	158	186	25	76
C-2	157	201	188	210	54	95
C-3	83	129	58	97	106	147
C-4	195	224	79	123	95	137
C-5	99	130	86	142	96	216
C-6	222	237	118	140	32	61
D-1	112	141	76	91	60	68
D-2	197	220	145	184	125	170
D-3	87	146	120	177	155	208
D-4	82	117	106	131	60	80
D-5	126	179	125	172	174	214
D-6	98	157	187	226	166	223

技術番号 BR010003-V0020

技術名 構造物点検調査ヘリスシステム 開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和2年 1 月 16 日 天候 曇り 気温 12 °C 風速 1 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

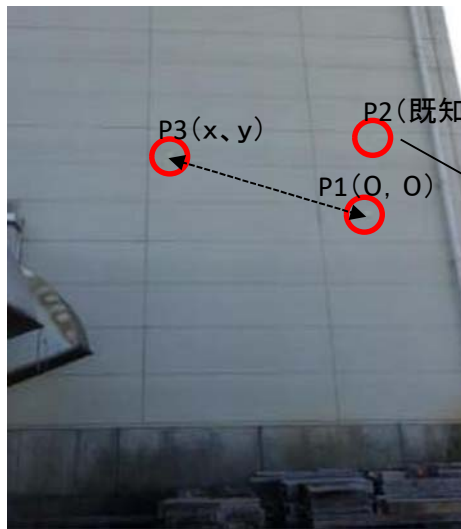
カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひびわれ 試験フェーズ 2

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測精度  
位置精度

対象構造物の概要

※検証試験体

- ・コンクリート壁面にマーカを3箇所設置する。
- ・P1の座標を(0,0)の基準とし、P2を既知点としP3の座標及びP1-P3間の距離を計測する。



中心座標

試験方法(手順)

- ① 計測器のセット(写真-1)  
被写体から3mの位置にドローンをセット
- ② 3箇所のマーカーを撮影しながら飛行(写真-2、写真-3)
- ③ 試験体の撮影画像の確認(写真-4)

開発者による計測機器の設置状況



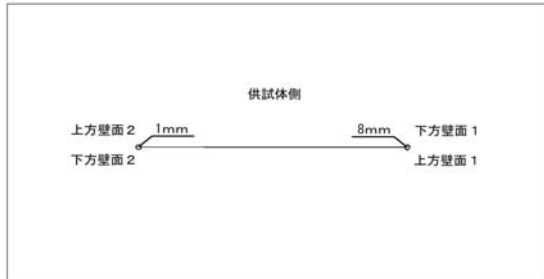


比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

長さ計測精度／位置精度

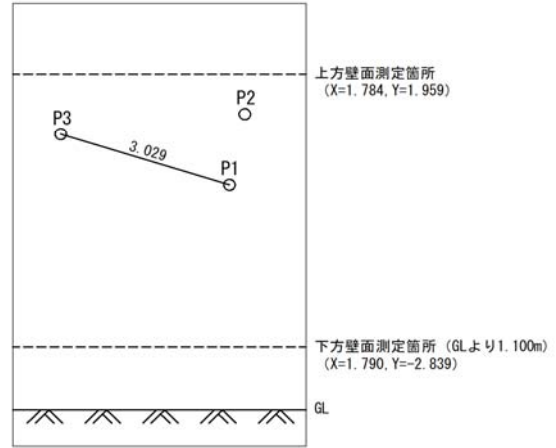
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標を真値とする。

コンクリート壁平面図 縮尺 = 1/100



※X軸は下方壁面方向を基線とする。

コンクリート壁側面図



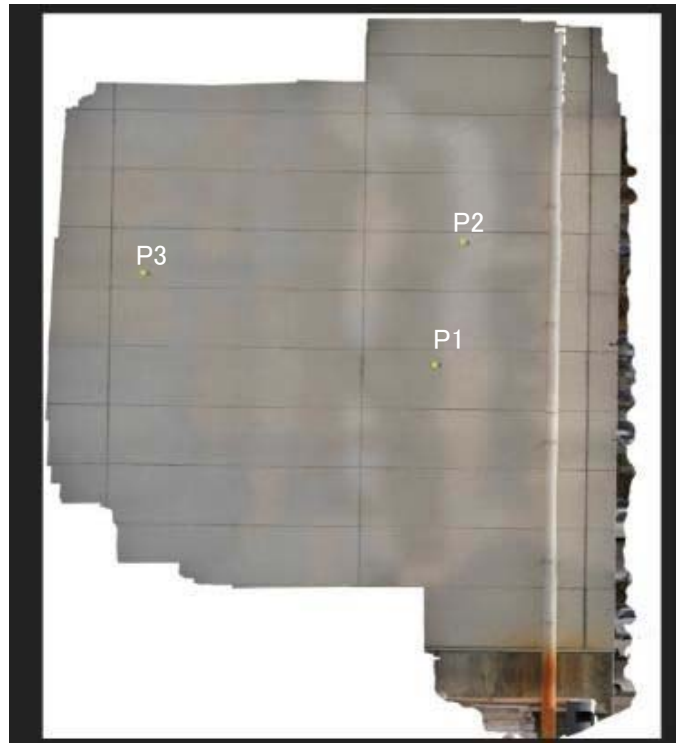
※P1-P3は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

点名	X座標	Y座標	Z座標	距離 (P2 - P3)
	真値	真値	真値	真値
P1	0.000	0.000	0.000	
P2	0.261	1.252	0.001	
P3	-2.893	0.897	-0.002	3.029

計測結果の比較

長さ計測精度／位置精度

- 撮影速度: 1.0 m/s ■カメラ名称: SONY ILCE-7RM3
- 被写体距離: 3.0 m ■照度: 10300 lx ■風速: 1.4 m/s
- 気温: 12.0 °C
- 焦点距離: 55 mm ■シャッター速度: 1/500-1500 秒
- 絞り: f3.5 ■ISO値: 100-1600、
- フォーカス: 55 mm ■画像Pixel数: 7952、5304



オルソ画像

コンクリート壁マーカース座標値										
点名	X座標			Y座標			Z座標	距離 (P2 - P3)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度		真値	計測値	精度
P1	0.000	0.000	/	0.000	0.000	/	0.000	/	/	/
P2	0.261	0.259	/	1.252	1.249	/	0.001	/	/	/
P3	-2.893	-2.891	0.002	0.897	0.888	0.009	-0.002	3.029	3.025	99.86%

技術番号 BR010003-V0020

技術名 構造物点検調査ヘリスシステム 開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和2年 1 月 21 日 天候 晴れ 気温 10.9 °C 風速 2.5 m/s

試験場所 M橋

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 床版ひびわれ 試験フェーズ 3

試験で確認する  
カタログ項目 動作確認(精度以外)  
構造物近傍安定性能

対象構造物の概要

至 横浜 橋長 290,075 至 千葉

第1径間長: 24.275m、第2径間長: 37.100m  
対象径間: 第1径間、第2径間

至 横浜

18,000  
500 8,000 1,000 8,000 500  
1,000 5@3,200 = 16,000 1,000

0101					
0201	0202	0203	0204	0205	0206
0301	0302	0303	0304	0305	0306
0401	0402	0403	0404	0405	0406
0501	0502	0503	0504	0505	0506
0601	0602	0603	0604	0605	0606

① A1 0701 P1

第1径間: 0504、0505、0506

0101							
0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208
0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308
0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408
0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508
0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608

① P1 0701 P2

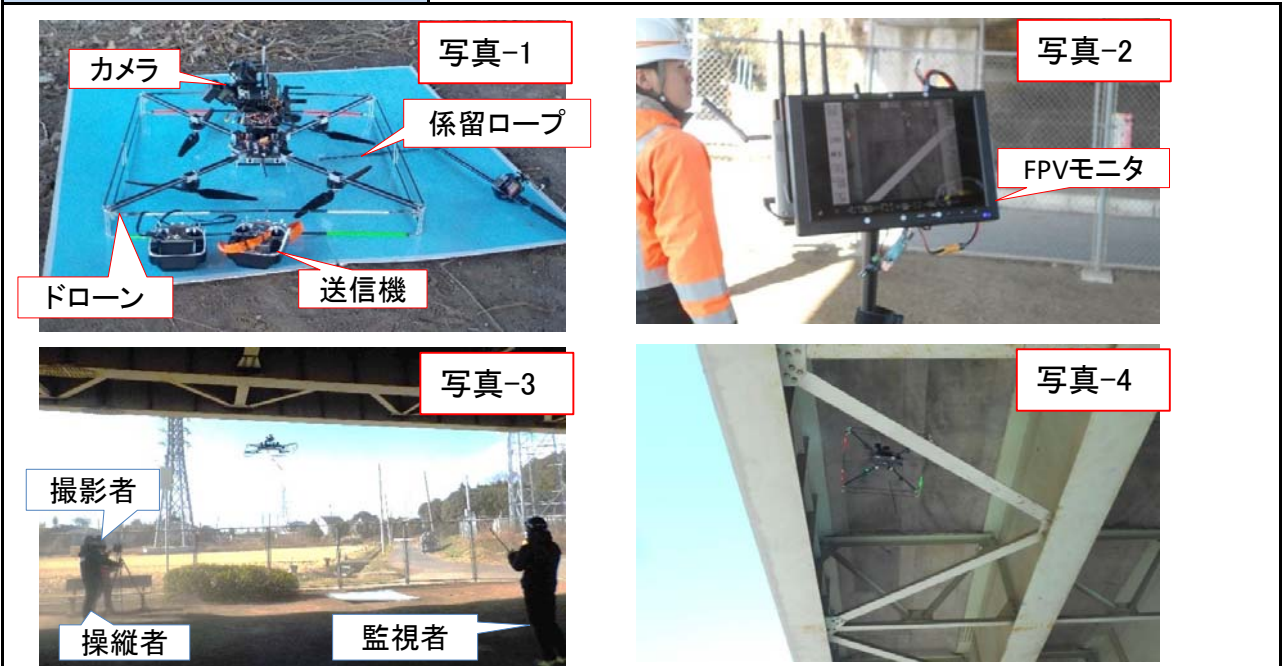
第2径間: 0603、0604

対象径間: 第1径間、第2径間 計測対象部材: 床版(上記 赤枠内の5パネル)

試験方法(手順)

- ① 機材搬入(主に、ドローン、カメラ、送信機、係留ロープ、FPVモニタ、PC)
- ② カメラの設定・係留ロープを機体(ドローン)へ取付ける。(写真-1)
- ③ 画像撮影、FPVモニタで映像を確認する(写真-2、写真-3)
- ④ 飛行しながら撮影する。(写真-4)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ補正・画像結合を行い、ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況



■ 構造物近傍安定性能

構造物(床版、主桁)までの距離: 70cm

風速: 2.5m/s

ホバリング時: 0cm





■計測結果

ひびわれ幅 凡例

- 0.10~0.19 mm
- 0.20~0.29 mm
- 0.30~0.39 mm
- 0.40~0.49 mm

0101					
0201	0202	0203	0204	0205	0206
0301	0302	0303	0304	0305	0306
0401	0402	0403	0404	0405	0406
0501	0502	0503	0504	0505	0506
0601	0602	0603	0604	0605	0606
0701					

第1径間 0504

被写体距離: 3.0m以内

ひびわれは見下げ図で描画(画像を反

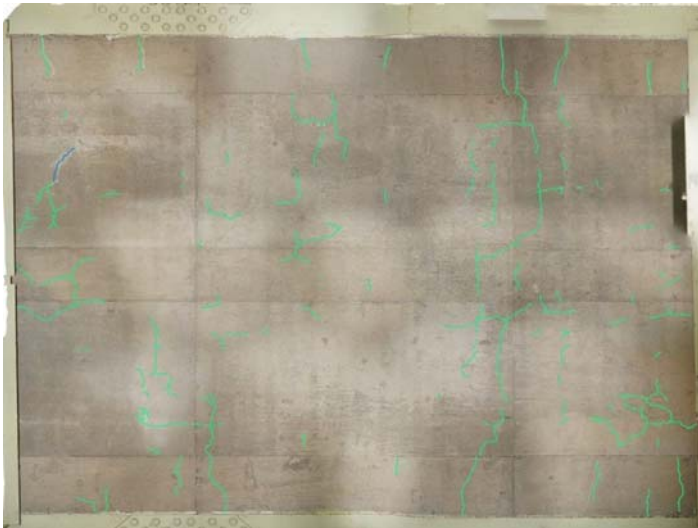


0101					
0201	0202	0203	0204	0205	0206
0301	0302	0303	0304	0305	0306
0401	0402	0403	0404	0405	0406
0501	0502	0503	0504	0505	0506
0601	0602	0603	0604	0605	0606
0701					

第1径間 0505

被写体距離: 3.0m以内

ひびわれは見下げ図で描画(画像を反転)

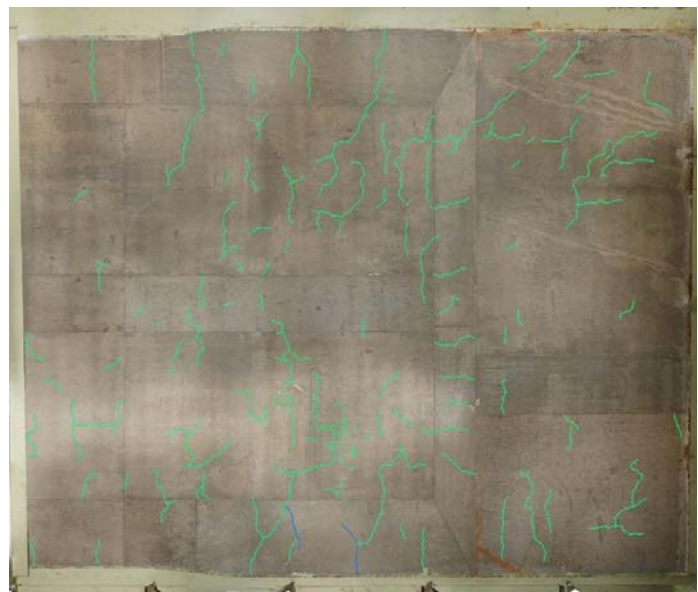


0101					
0201	0202	0203	0204	0205	0206
0301	0302	0303	0304	0305	0306
0401	0402	0403	0404	0405	0406
0501	0502	0503	0504	0505	0506
0601	0602	0603	0604	0605	0606
0701					

第1径間 0506

被写体距離: 3.0m以内

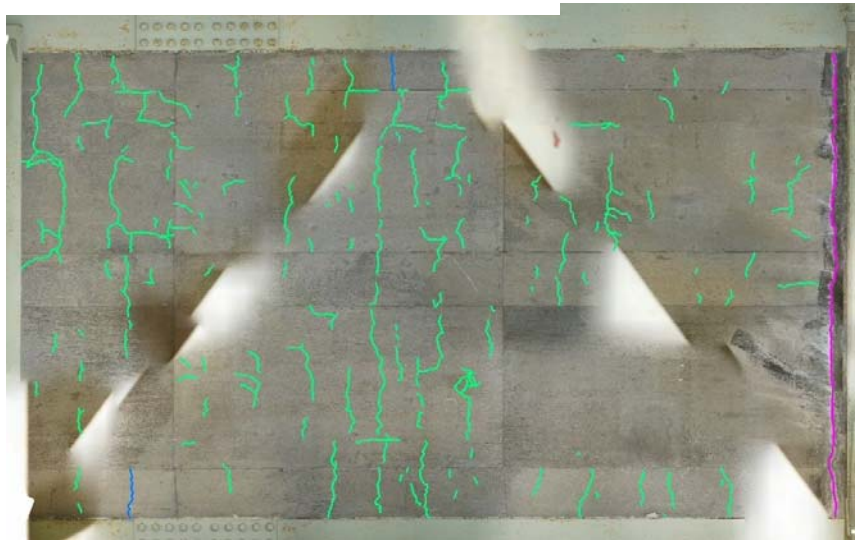
ひびわれは見下げ図で描画(画像を反転)



0101							
0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208
0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308
0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408
0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508
0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608
0701							

第2径間 0603

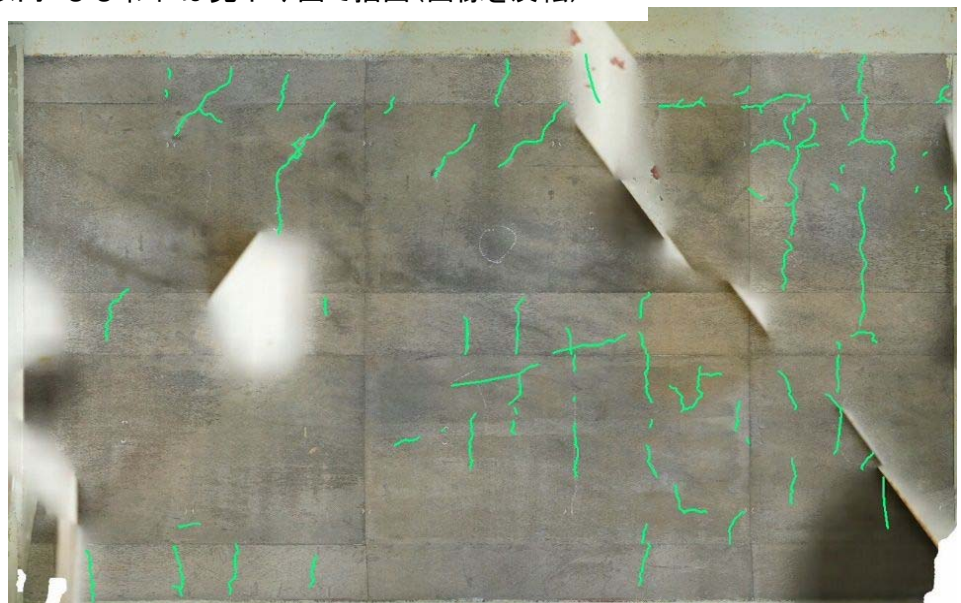
被写体距離: 3.0m以内 ひびわれは見下げ図で描画(画像を反転)



0101							
0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208
0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308
0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408
0501	0502	0503	0504	0505	0506	0507	0508
0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608
0701							

第2径間 0604

被写体距離: 3.0m以内 ひびわれは見下げ図で描画(画像を反転)



技術番号 BR010024-V0020

技術名 社会インフラ画像診断サービス「ひびみっけ」 開発者名 富士フイルム株式会社

試験日 平成 31年 2 月 5 日 天候 くもり 気温 16.5 °C 風速 0.6~1.0 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひびわれ 試験フェーズ 2

試験で確認する  
カタログ項目 最小・ひびわれ精度  
色識別性能

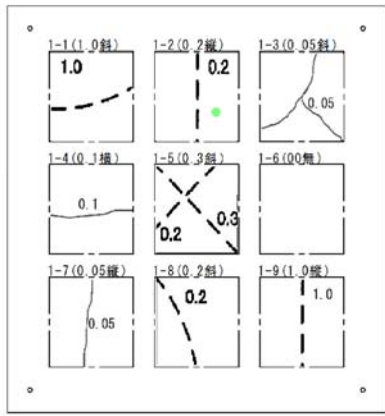
対象構造物の概要

※検証試験体

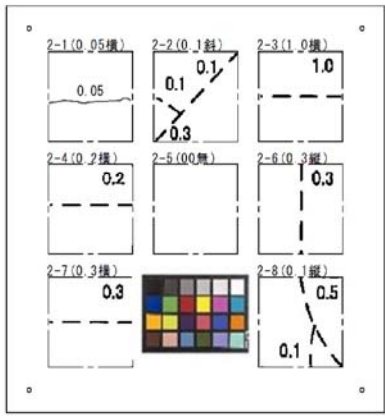
- ・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネル及びひびわれのないモルタルのパネルの2枚を設置した試験体を用意。
- ・上記試験体の余地に24色カラーチャートを設置する



1-1 (00縦)  
模擬体No. (ひびわれ幅・方向)



NO.1供試体



NO.2供試体



## 試験方法(手順)

- ① カメラの設定を所定の条件に設定し、供試体の撮影を実施する。
- ② 供試体撮影画像を「ひびみつけ」で当社クラウドへアップロードする。(アップロード完了後、ひびわれ検出処理が自動で実行される)
- ③ 「ひびみつけ」で画像中の供試体の4頂点を指定し、供試体の実寸サイズを入力する。(入力後、ひびわれ幅・長さ計測が自動で実行される)
- ④ 供試体のひびわれ幅のクラックスケールによる計測値と、「ひびみつけ」による計測値を比較する。

## 開発者による計測機器の設置状況

写真-1

撮影距離5m



写真-2

撮影距離10m



写真-3

撮影距離20m



写真-4

計測機器  
(カメラ・三脚)








比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況





最小ひびわれ幅・計測精度





各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。





最小ひび割れ幅・計測精度

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

色識別性能

市販の24色のカラーチャートを使用する。  
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする



	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

## 計測結果の比較

### 最小ひびわれ幅・計測精度

- 撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: FUJIFILM X-T2
- 被写体距離: 3m/5m/10m/20m/30m ■照度: 10klx以上/10klx未満/10klx以上・未満混在/1lx未満
- 風速: 0.6~1.0 m/s ■気温: 16.5 °C
- 焦点距離: 40mm/65mm/130mm/260mm/400mm ■シャッター速度: 1/420 秒
- 絞り: f8 ■ISO値: ISO200
- 画像Pixel数: 6000 x 4000 pixel ■フラッシュ: なし/あり

### 照度10klx以上、撮影距離3m(焦点距離40mm)、フラッシュ有 での計測結果

#### 計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
計測値	0.87	0.21	0.09	0.21	0.27

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
計測値		0.06	0.29	0.99	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
計測値	0.1	0.11	0.9	0.16	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
計測値		0.33	0.26	0.1	

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.037416574
0.1mm	0.063770422
0.2mm	0.057154761
0.3mm	0.033665016
1.0mm	0.09486833

他の条件も上記と同等精度を確認

## 計測結果の比較

### 色識別性能

- 撮影速度: 0 m/s    ■カメラ名称: FUJIFILM X-T2
- 被写体距離: 3m/5m/10m/20m/30m    ■照度: 10klx以上/10klx未満/10klx以上・未満混在/1lx未満
- 風速: 0.6~1.0 m/s    ■気温: 16.5 °C
- 焦点距離: 40mm/65mm/130mm/260mm/400mm    ■シャッター速度: 1/420 秒
- 絞り: f8    ■ISO値: ISO200
- 画像Pixel数: 6000 x 4000 pixel    ■フラッシュ: なし/あり

照度10klx以上、撮影距離3m(焦点距離40mm)、フラッシュ有 での計測結果

真値



開発者撮影



検証値

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	56	41	61	43	71
A-2	80	95	80	98	78	103
A-3	122	145	118	147	116	154
A-4	161	187	157	189	154	195
A-5	202	220	198	220	195	226
A-6	249	243	242	242	238	247
B-1	25	48	55	87	135	195
B-2	57	40	146	168	64	83
B-3	186	232	26	67	51	88
B-4	245	246	205	214	0	47
B-5	192	234	75	117	145	192
B-6	0	0	127	167	159	214
C-1	238	251	158	184	25	53
C-2	157	178	188	203	54	71
C-3	83	124	58	81	106	145
C-4	195	241	79	110	95	133
C-5	58	86	88	121	159	212
C-6	222	251	118	143	32	48
D-1	112	142	76	91	60	79
D-2	197	227	145	177	125	164
D-3	87	106	120	153	155	201
D-4	82	95	106	123	60	76
D-5	126	166	125	165	174	220
D-6	98	127	187	213	166	207

他の条件も上記と同等の結果を確認

技術番号 BR010024-V0020

技術名 社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」 開発者名 富士フイルム株式会社

試験日 平成31年2月5日 天候 くもり 気温 11.8 °C 風速 0.2~1.5 m/s

試験場所 山梨県内 H橋

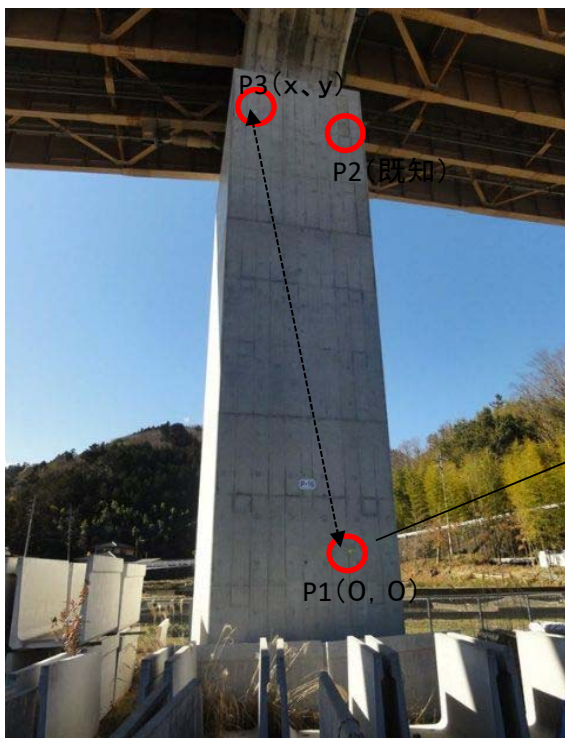
カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひびわれ 試験フェーズ 3

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測精度  
位置精度

対象構造物の概要

※検証試験体

- ・コンクリート壁面にマーカを3箇所設置する。
- ・P1の座標を(0,0)の基準とし、P2を既知点としP3の座標及びP1-P3間の距離を計測する。





試験方法(手順)

- ① カメラの設定を所定の条件に設定し、試験体の撮影を実施する。
- ② 試験体撮影画像を「ひびみつけ」で当社クラウドへアップロードする。(アップロード完了後、パノラマ合成処理が自動で実行される)
- ③ パノラマ合成画像上のマーカ画素座標・マーカ間画素距離を、撮影解像度(mm/画素)の情報から、実寸座標・実寸距離に変換し、トータルステーションによる計測値と比較する。

開発者による計測機器の設置状況

写真-1

撮影状況1



写真-2

撮影状況2



写真-3

計測機器  
(カメラ・ドローン)

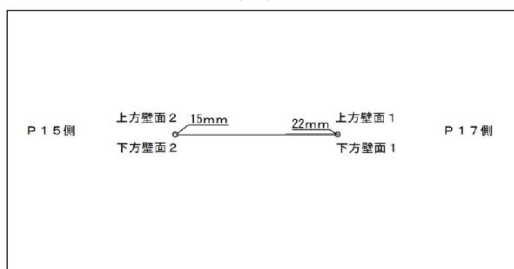


比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

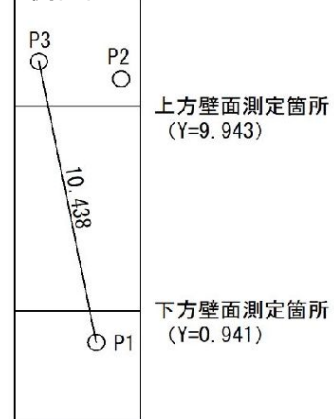
長さ計測精度／位置精度

立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標を真値とする。

平面図



側面図



※P1-P3は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	0.272	10.044	-0.023
P3	-1.842	10.274	-0.022

計測結果の比較

長さ計測精度／位置精度

■撮影速度: 0.5~1.0 m/s ■カメラ名称: SONY RX1RII

■被写体距離: 5 m ■照度: 5k~6klx ■風速: 0.2~1.5 m/s

■気温: 11.8 °C

■焦点距離: 35 mm ■シャッター速度: 1/1000 秒

■絞り: f5.6 ■ISO値: ISO320

■画像Pixel数: 7952 x 5304 pixel

点名	X座標			Y座標			距離 (P1-P3)		
	真値	計測値	水平位置精度	真値	計測値	鉛直位置精度	真値	計測値	長さ相対誤差
P1	0.000			0.000					
P2	0.272	0.272		10.044	10.065				
P3	-1.842	-1.842	0	10.274	10.281	0.007	10.438	10.445	0.07%



# 確認シート

## ■画像計測技術（トンネル）

技術番号 TN010006-V0120

技術名 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール) / MIMM(ミーム) 開発者名 パシフィックコンサルタンツ株式会社

試験日 平成30年 11月 5日 天候 晴れ 気温 °C 風速 4.2 m/s

試験場所 新潟県 国道8号線

カタログ分類 画像検出技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験フェーズ 2、3

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度(最小ひび割れ幅)、長さ計測精度、位置精度、色識別性能

対象構造物の概要

● トンネル概要(No1)

トンネル延長 : L=350 m  
トンネル内装・天井板 : 覆工(内装なし)  
前回トンネル点検年度 : 平成29年度



● トンネル概要(No2)

トンネル延長 : L=455 m  
トンネル内装・天井板 : 覆工(内装なし)  
前回トンネル点検年度 : 平成29年度



- ・ トンネル延長 No1トンネル : L=455m、No2トンネル : L=350m
- ・ 前回トンネル点検 H29年度実施
- ・ 煤等による汚れが多い(写真1参照)
- ・ ひび割れの上に直接チョーキングがなされているものが多く見られる(写真2参照)



写真1 煤等の汚れ

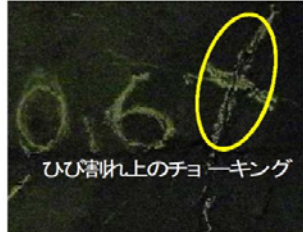


写真2 チョーキング状況

試験方法(手順)

- ① トンネル内走行計測
- ② トンネル展開画像の作成
- ③ 変状写真台帳の自動整理
- ④ 変状の自動検出

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

—

計測結果の比較

最小ひび割れ幅、計測精度

ひび割れ幅		MIMM-R		最小2乗誤差
		計測結果	誤差	
0.2	①-1	0.3	0.1	0.01
	①-2	0.3	0.1	0.01
	②	1	0.8	0.64
	③-1	0.7	0.5	0.25
	③-2	0.3	0.1	0.01
	③-3	0.3未満		
	④	0.3未満		
	⑤	0.3未満		
	⑥-1	0.7	0.5	0.25
	⑥-2	0.7	0.5	0.25
	⑥-3	0.7	0.5	0.25
	⑦	0.3	0.1	0.01
	⑧	0.3~0.5?		

E	0.43204938
---	------------

最小ひび割れ幅 (最小画素分解能) (mm)	0.2
検出精度E (mm)	0.432

$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

但し、 $x_1 \sim x_n$ : ひび割れ測定結果

(最小ひび割れ幅の計測結果のうち、真値との誤差を計算可能なデータ)

a: ひび割れ幅(真値)

n: データ数

(最小ひび割れ幅の計測結果のうち、真値との誤差を計算可能なデータ)

長さ計測精度(長さの相対誤差)、位置精度

■覆工マーカによる測定結果について

①【No.2トンネル S006～S007間】

(1) 【山側】・・・2点のみ設置 ([長辺L] L=9.50m) 単位 (m)

測定部位	実測値 (A)	画像による計測値 (B)	差 (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
長辺L	9.50	9.603	-0.103	1.08%

(2) 【海側】・・・4点設置 ([長辺L] L=5.30m、 [短辺L] L=1.00m) 単位 (m)

測定部位	実測値 (A)	画像による計測値 (B)	差 (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
長辺L (上側)	5.30	5.311	-0.011	0.21%
長辺L (下側)	5.30	5.307	-0.007	0.13%
短辺L (S006側)	1.00	1.037	-0.037	3.70%
短辺L (S007側)	1.00	1.041	-0.041	4.10%

②【No.1トンネル S051～S052間】

(1) 【山側】・・・設置せず。(理由:歩道が無いため、撤去時にその側壁部へ行くことが危険だったため。)

(2) 【海側】・・・4点設置 ([長辺L] L=10.00m、 [短辺L] L=1.00m) 単位 (m)

測定部位	実測値 (A)	画像による計測値 (B)	差 (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
長辺L (上側)	10.00	9.913	0.087	0.87%
長辺L (下側)	10.00	9.913	0.087	0.87%
短辺L (S051側)	1.00	1.000	0.000	0.00%
短辺L (S052側)	1.00	1.001	-0.001	0.10%

③【「平均誤差率」、「位置精度」】

※位置精度(横) = 各長さ(長辺)の合計値 ÷ 各長さ(長辺)の個数 【単位: mm】

平均誤差率	位置精度(横: X)	位置精度(縦: Y)
1.23%	59.0	19.7

色識別性能

スパン7



スパン17



・フルカラー識別可能